

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.

Paula de Sousa Alves(*), Eliete Rodrigues dos Santos, André Luiz Santana, Livia de Oliveira Carvalho

* Universidade Católica de Brasília. e-mail: paulads.alves@gmail.com

RESUMO

Embora o saneamento básico não esteja presente em todos os lares brasileiros, o saneamento adequado afeta diretamente a qualidade de vida do ser humano, portanto estudar técnicas para aprimorar o tratamento dos efluentes domésticos traz benefícios sociais, econômicos e ambientais para toda sociedade. Os efluentes domésticos são tratados em ETEs e um dos processos utilizados é a coagulação. A coagulação é responsável por alterar a força iônica do meio através da adição de elementos químicos que interferem na capacidade de aglomeração das partículas. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência utilização de casca de batata, de mandioca e de maracujá como coagulantes naturais e como auxiliares do processo de coagulação de esgoto proveniente da ETE Recanto das Emas – DF. Os testes foram feitos no *Jar test*, um equipamento que simula o processo de coagulação e floculação por meio da agitação rápida e lenta das amostras. Os coagulantes naturais utilizados foram obtidos a partir das cascas de mandioca, batata e maracujá, as quais foram preparadas para obtenção da farinha da casca de batata, de mandioca e de maracujá e extração do amido da mandioca e pectina do maracujá. Comparou-se a eficiência dos coagulantes naturais propostos agindo isoladamente e com auxílio de sulfato de alumínio. A análise dos resultados do *Jar-test* foi realizada por meio dos parâmetros pH, cor aparente, turbidez e sólidos dissolvidos totais (SDT). Os resultados mostraram que os coagulantes usados sem o sulfato de alumínio reduziram turbidez e cor aparente, entretanto todos os coagulantes aumentaram o valor dos sólidos dissolvidos totais, com exceção do amido que reduziu 82% do valor de SDT do controle (esgoto bruto). Quando o sulfato de alumínio foi associado aos coagulantes, nenhum coagulante reduziu o valor de cor aparente e turbidez em relação ao controle (esgoto tratado com apenas sulfato de alumínio), apenas o amido conseguiu reduzir o valor de cor aparente e turbidez. O amido removeu 99% da turbidez e 94% de cor aparente, superando significativamente o percentual de remoção de turbidez do controle (98%) e apresentando valor para cor muito próximo ao controle (96%). Portanto, o amido foi o coagulante mais eficiente quando associado ao sulfato de alumínio e quando não associado.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulantes naturais, Jar Test, Turbidez, Cor Aparente, Sólidos Dissolvidos Totais.

1. INTRODUÇÃO

A Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (Lei 11.445/2007) define o saneamento básico como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais. Portanto, estas medidas, visam preservar ou modificar as condições do meio ambiente, com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde (SANEBAVI, 2014).

O saneamento básico esta relacionado ao controle e prevenção de doenças, a promoção de hábitos higiênicos, o desenvolvimento de esportes, a melhoria da limpeza pública, a manutenção de praças e jardins, o combate a incêndios e o controle de vetores (CESAMA, 2014).

No Distrito Federal o esgotamento sanitário é feito pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Segundo Oto Guimarães, presidente da Caesb, 99% da população do Distrito Federal é atendida com o abastecimento de água e 82,7% é atendida com o serviço de esgotamento sanitário. No entanto, a nível nacional, o saneamento básico ainda se torna precário em muitas regiões do país (SINAENCO, 2014).

O esgotamento sanitário objetiva tratar efluentes por meio de processos físicos, químicos e biológicos que removem as cargas de poluição e permitem o lançamento do efluente nos corpos hídricos. Os padrões de lançamento de efluentes em baseiam-se na capacidade de autodepuração do corpo receptor, mas altas concentrações de matéria orgânica provenientes do esgoto podem atrapalhar esse processo e eutrofizar os ambientes aquáticos.

Além de causar efeitos danosos ao meio ambiente, o lançamento inadequado de efluentes faz com que fontes de abastecimento humano tornem-se não potáveis. A qualidade da água para abastecimento e os padrões de lançamento de efluentes são definidos pelas Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11 e pelo Decreto Distrital 18.328/97. O consumo de água contaminada compromete a saúde da população, pois a água serve como meio de transporte de doenças, as quais precisam ser tratadas ou remediadas.

Portanto, estudar técnicas para aprimorar o tratamento dos efluentes domésticos traz benefícios sociais, econômicos e ambientais para a sociedade. Pois os corpos hídricos e a saúde da população serão preservados e os custos para remediação de doenças ou recuperação de meio serão evitados.

Geralmente os efluentes domésticos são tratados em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), no DF grande parte das ETEs utiliza tratamento preliminar, secundário e terciário. O tratamento preliminar objetiva a remoção de sólidos grosseiros, o primário remove os sólidos que sedimentam e matéria orgânica, o secundário realiza o tratamento com o uso de microrganismos e o tratamento terciário realiza a remoção de poluentes específicos (MMA, 2009).

Dentre os processos de tratamento de esgoto, a coagulação possui papel fundamental na remoção de sólidos que conferem cor e turbidez ao efluente. O conceito de coagulação é o seguinte: “A coagulação é um processo de remoção ou neutralização das forças que mantêm em suspensão os coloides; consiste numa série de reações químicas e físicas entre o coagulante, a superfície das partículas, algumas substâncias químicas presentes na água [...] e a própria água” (SANEAGO, 2007).

No processo de coagulação altera-se a força iônica do meio através da adição de alguns elementos químicos ou polímeros adsorvidos que interferem na capacidade de aglomeração das partículas. A figura 1 apresenta o processo de coagulação de partículas de forma simplificada.

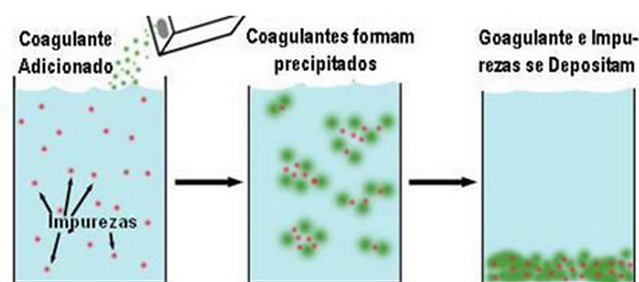


Figura 1: Comportamento das partículas após adição de coagulante. Fonte: NaturalTec Tratamento de Água (2014)

Segundo Santos apud Carvalho, Guedes e Vargas (1985), o processo de coagulação dura apenas alguns segundos e apresenta-se em três fases: formação das espécies hidrolisadas do sal quando disperso na água, desestabilização das partículas coloidais e suspensas dispersas na massa líquida e agregação dessas partículas para formação dos flocos.

Os coagulantes mais utilizados no processo de tratamento do esgoto das ETEs são os coagulantes metálicos, dentre os mais usuais estão os sais de alumínio e ferro. Esses coagulantes possuem alta eficiência, entretanto ocasionam altas concentrações de metais no lodo das estações de tratamento. Caso o descarte de lodo seja feito de forma inadequada esses metais podem ser transportados aos corpos hídricos, causando a contaminação de fontes de abastecimento e por consequência prejuízos a saúde, inclusive alguns “estudos epidemiológicos sugerem uma possível associação entre Mal de Alzheimer e alumínio na água” (CETESB, 2012, p. 2)

O processo de floculação dura aproximadamente 20 minutos e ocorre após a coagulação que dura aproximadamente 5 segundos. O efluente é colocado em uma câmara de mistura e por meio de mistura lenta estimula-se a adsorção e a formação de flocos. As partículas maiores, pela força gravitacional, pesam e tendem a decantar no fundo do tanque formando o lodo (SALGADO, 2010).

A crescente preocupação da comunidade científica e da sociedade com a preservação dos recursos naturais tem intensificado projetos de pesquisa a fim de encontrar tecnologias e produtos que reduzam os impactos ambientais adversos do tratamento de esgoto.

Diante desse contexto, pretende-se viabilizar a utilização de coagulantes naturais ou auxiliares naturais de coagulação nas ETEs. Isso reduz os possíveis impactos ambientais gerados pelo mau gerenciamento dos lodos, ricos em metais como Al e Fe, e consequentemente reduz os impactos provenientes da obtenção desses elementos.

Na literatura é possível encontrar estudos que já testaram vários coagulantes naturais, como por exemplo a quitosana, a Moringa Oleifera, os amidos e outros. Entretanto o Distrito Federal não apresenta resultados expressivos para esse tipo de pesquisa, portanto verificou-se a demanda de estudos desse cunho para a realidade da região. Os estudos serão desenvolvidos com amostras de efluente da ETE Recanto das Emas.

Conforme Salgado (2010), os polímeros sintéticos já são utilizados em estudos como auxiliares de coagulação porque são obtidos por meio de processos químicos simples.

Em geral os polímeros naturais abrangem os amidos, escolheu-se a casca da batata e da mandioca por causa da presença de amido nesses alimentos. Escolheu-se também a casca do maracujá pela presença de uma substância chamada pectina que é responsável por dar característica geleificante a determinados alimentos.

Para escolha das substâncias naturais estudadas, também buscou-se selecionar materiais caracterizados como resíduos, pois sua reutilização reduz o volume destinado ao aterro controlado da Estrutural, bem como reduz a concentração de metais nos lodos gerados nas ETEs.

A ETE Recanto das Emas utiliza o sulfato de alumínio como coagulante, por esse motivo os coagulantes selecionados também foram testados como auxiliares do processo de coagulação. O sulfato de alumínio é descrito pela fórmula $Al_2(SO_4)_3$ e é obtido pela reação do ácido sulfúrico $[H_2SO_4]$ e do hidróxido de alumínio $[Al(OH)_3]$. O sulfato é utilizado para o tratamento de água, tratamento de efluentes, decantação de partículas mais densas que a água e ajuste do pH. Sua forma pode ser sólida, pó ou líquida, é altamente corrosivo e é muito solúvel em água.

Os coagulantes foram submetidos ao Jar Test, equipamento que promove a agitação rápida (coagulação) e moderada (floculação) da amostra para formação de flocos e permite avaliar as dosagens ótimas de coagulantes usadas no tratamento de água, bem como o seu pH ótimo de coagulação.

Analisou-se o pH, turbidez, cor aparente e sólidos totais dos testes para posterior comparação com os parâmetros estabelecidos pela CONAMA 357/2005, CONAMA 430/2011 e Decreto 18.328/97.

A verificação da eficiência de diferentes auxiliares naturais de coagulação no tratamento de esgoto busca trazer contribuições científicas e acadêmicas por agregar conhecimentos práticos e teóricos na área de saneamento.

1.1 OBJETIVO

Avaliar a eficiência da casca de batata, de mandioca, de maracujá, pectina de maracujá e amido da casca da mandioca como coagulantes naturais e como auxiliares do processo de coagulação de esgoto.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar qual dos coagulantes naturais propostos é o mais eficiente na remoção de turbidez, sólidos totais e cor aparente das amostras de esgoto da ETE Recanto das Emas.

Avaliar qual dos coagulantes naturais associados ao sulfato de alumínio é o mais eficiente na remoção de turbidez, sólidos totais e cor aparente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A ETE Recanto das Emas está localizada na Quadra 116 conjunto 01 Área Especial na cidade do Recanto das Emas no Distrito Federal. A ETE entrou em operação em 1998 e a previsão da população atendida no projeto de construção foi de 125.500 habitantes.

Os efluentes tratados são provenientes das cidades satélites do Recanto das Emas e do Riacho Fundo II parcialmente. A vazão de projeto é de 320 L/s, a vazão média atual é de 138 L/s e o corpo receptor é o Córrego Vargem da Benção (CAESB, 2014). Segue imagem aérea da ETE Recanto das Emas na figura 2.



Figura 2: Vista aérea da ETE Recanto das Emas. Fonte: CAESB, 2014

Na ETE Recanto das Emas o tratamento ocorre até o nível terciário, sendo o tratamento composto por tratamento preliminar, reator anaeróbico com fluxo ascendente, reator aerado e lagoa aerada facultativa. Abaixo segue foto da área onde é realizado tratamento preliminar (figura 3).



Figura 3: Vista do tratamento preliminar. Fonte: CAESB, 2014

No tratamento preliminar são usadas as grades para remoção de sólidos grosseiros e o desarenador para remoção de partículas que sedimentam. Já no tratamento primário ocorre a sedimentação dos sólidos em suspensão e a formação do lodo que posteriormente é removido. No nível secundário é realizado o uso de microrganismos para a remoção da matéria orgânica. E no tratamento terciário é realizada a remoção de poluentes específicos como é o caso do fósforo e nitrogênio.

No reator anaeróbico com fluxo ascendente (RAFA), responsável por remover apenas matéria orgânica, o esgoto sai da parte de baixo do reator e passa por uma camada de lodo. O reator é fechado e a remoção da matéria orgânica é realizada por bactérias anaeróbicas. Segundo a SABESP (2014) a remoção média no reator é de 65% a 75% do teor de

matéria orgânica. A decomposição da matéria orgânica por bactérias gera gases, por causa disso o RAFA tem uma estrutura para a coleta e queima destes gases.

Após o tratamento nos RAFAs o efluente vai para o reator aerado. No reator aerado usam-se aeradores artificiais para fornecimento de oxigênio ao efluente, as bactérias dos reatores decompõem a matéria orgânica em meio aeróbio. O sulfato de alumínio é usado como coagulante no reator aerado para clarificação do efluente, precipitação de sólidos, remoção de matéria orgânica e fósforo.

Após o reator aerado o efluente é enviado para as lagoas facultativas, lagoas com condição aeróbia na superfície e condições anaeróbias na parte inferior. E enfim o efluente poderá ser lançado no corpo hídrico.

2.2 MÉTODOS

A análise da eficiência dos coagulantes naturais (cascas de batata, de mandioca e de maracujá) no processo de coagulação em amostras de esgoto será feita por meio do equipamento para Jar Test, abaixo segue fluxograma com as etapas do estudo (figura 4).

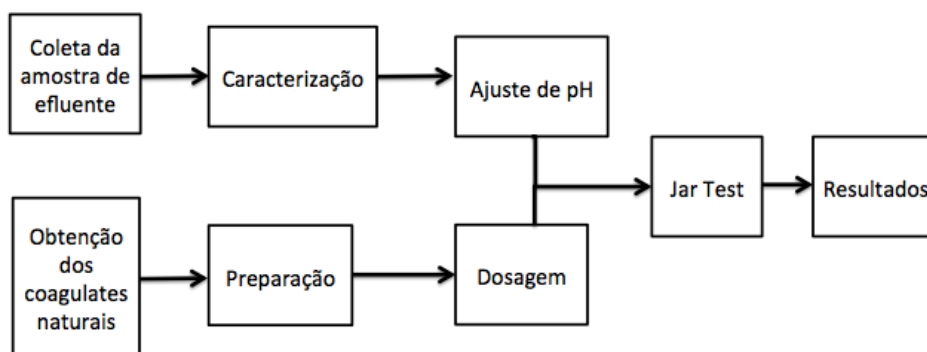


Figura 4: Etapas do estudo. Fonte: autores do trabalho.

2.2.1 COLETA DE AMOSTRA DE EFLUENTE

A coleta das amostras de esgoto foi realizada no mês de maio de 2014 na Estação de Tratamento de Esgoto do Recanto das Emas no ponto de saída dos RAFAs. A amostra foi acondicionada em garrafas plásticas que foram dispostas em caixa de isopor para preservação e envio para o laboratório.

2.2.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA DO EFLUENTE E AJUSTE DE pH

O esgoto bruto foi caracterizado analisando-se pH, turbidez, cor aparente e sólidos totais dissolvidos. O pH foi determinado pelo método eletrométrico usando-se um pHmetro, a turbidez pelo método nefelométrico usando-se turbidímetro, cor aparente pelo método do padrão Platina-Cobalto e sólidos totais dissolvidos (SDT) pelo método gravimétrico, abaixo segue tabela 1 com os métodos:

Tabela 1: parâmetros analisados e respectivos métodos – Fonte: Autores do trabalho.

Parâmetro	Unidade	Método
pH		Eletrométrico
Turbidez	UNT	Nefelométrico
Cor aparente	µs/cm ²	Padrão Platina-Cobalto
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	Gravimétrico

O pH se refere a intensidade ácida da solução, seus valores estão entre 0 e 14 e indicam se o pH é ácido (< 7), básico (> 7) ou neutro (= 7). A eficiência do processo de coagulação é dependente desse parâmetro. Por esse motivo, o pH da amostra de esgoto bruto foi ajustado para a faixa de 5,8 a 6,2 por meio da adição de ácido sulfúrico. Essa faixa de pH é a faixa de maior eficiência do sulfato de alumínio como coagulante (PINTO FILHO e BRANDÃO, 2000).

A turbidez é um parâmetro físico decorrente da existência de material suspenso na água e é causada por diversos materiais que podem estar em suspensão como partículas e resíduos orgânicos que dão aparência nebulosa a água. A turbidez indica o nível de clareza da água, refere-se ao grau de atenuação de luz que passa pela amostra.

Os sólidos totais são compostos por sólidos dissolvidos e sólidos suspensos. Os sólidos dissolvidos ou resíduos filtráveis incluem as partículas do resíduo total que passam por um filtro de 1,2 µm e os sólidos suspensos incluem as partículas que não são capazes de atravessar o filtro. Os sólidos totais são a soma dos sólidos dissolvidos e dos sólidos suspensos.

A cor aparente é a cor presente em uma amostra de água, devido a presença de substâncias dissolvidas e substâncias em suspensão. Já a cor verdadeira ocorre apenas devido a presença de substâncias dissolvidas. A graduação de cor esta associada a redução de luz que perpassa a amostra (AGUDO, 1988).

2.3.3 PREPARAÇÃO E DOSAGEM DOS COAGULANTES

CASCA DE BATATA

As cascas de batata inglesa foram obtidas por meio de doação de restaurantes e consumidores domésticos. Utilizou-se em um dos testes farinha das cascas e em outro teste amido extraído das cascas de batata.

A farinha (figura 5) foi obtida de 6 Kg de casca de batata por meio de secagem em forno a 45°C, trituração do material seco em liquidificador e peneiramento. Foram utilizadas 10g de casca de batata.



Figura 5: Farinha de casca de batata. Fonte: Autores do trabalho.

O amido seria extraído de 5 Kg de casca de batata conforme Nunes, Santos e Cruz (2009).

“As cascas foram trituradas em liquidificador com água em abundância para desintegração das células e liberação dos grânulos de amido. Depois foram coadas em tecido de malha para separação de sólido e líquido, o filtrado que é denominado de leite de amido foi colocado para decantar. Após a decantação por aproximadamente 1h do leite de amido, o sobrenadante foi desprezado e o material resultante foi seco em estufa a 45°C por 12h”.

Entretanto não foi obtido sucesso na extração do amido de casca de batata, portanto somente foi usada a farinha da casca de mandioca como coagulante.

CASCA DE MANDIOCA

Foi utilizada a mesma metodologia da preparação das cascas de batata para obter a farinha e o amido das cascas de mandioca (figura 6). Obteve-se sucesso na extração da farinha e do amido. Utilizou-se 10g de farinha em um dos testes e 10g de amido em outro teste.



Figura 6: Amido extraído da casca de mandioca. Fonte: Autores do trabalho.

CASCA DE MARACUJÁ

Os testes com casca de maracujá usaram a farinha e a pectina extraída das cascas de maracujá. A farinha da casca do maracujá (figura 7) não foi produzida nesse estudo, ela foi obtida em loja de produtos naturais. A dosagem utilizada foi a mesma do amido, que foi de 10g.



Figura 7: Farinha de cascas de maracujá (á direita). Fonte: autores do trabalho.

A extração da pectina (figura 8) ocorreu a partir de 5 Kg de maracujá. Retirou-se toda a casca do maracujá, retirou-se da casca apenas o albedo (espoja branca onde se encontra a pectina), aqueceu-se o albedo com água e adição de 50 ml de suco de limão. Quando a parte branca da casca estava macia, ela foi colocada em um liquidificador com água e triturada. A dosagem da pectina correspondeu a 20mL.



Figura 8: Pectina extraída da casca do maracujá. Fonte: autores do trabalho.

2.3.4 JAR-TESTE

O Jar-test (figura 9), também conhecido como teste de jarra, é um equipamento de bancada usado em laboratório para testes de coagulação e floculação. O Jar-test promove agitação rápida e moderada das amostras permitindo a formação de flocos. Por meio deste equipamento é possível determinar a dosagem ótima de coagulantes e polímeros. O Jar-test possui 6 jarras com capacidade de 2L cada, pás que agitam mecanicamente a amostra e botão para ajuste de rotação.



Figura 9: Jar-test. Fonte: Autores do trabalho.

Nesse estudo foram realizados 12 testes de jarras utilizando 24 L de esgoto no total. Para cada jarra foram colocados 2 L de esgoto homogeneizado com pH ajustado. Após enchimento dos jarros foram adicionados os coagulantes previamente dosados.

Os 12 testes foram então subdivididos em dois grupos (Jar-test com coagulante natural e Jar-test com coagulante natural e sulfato de alumínio), conforme a tabela 2.

Tabela 2: Coagulantes naturais usados no Jar-Test

<i>Jar-test</i> com coagulante natural	<i>Jar-test</i> com coagulante natural e sulfato de alumínio
Esgoto bruto	Esgoto bruto + Sulfato
Esgoto + Farinha da Casca de Batata	Esgoto + Sulfato + Farinha da Casca de Batata
Esgoto + Farinha da Casca de Mandioca	Esgoto + Sulfato + Farinha da Casca de Mandioca
Esgoto + Amido de Mandioca	Esgoto + Sulfato + Amido
Esgoto + Farinha da Casca de Maracujá	Esgoto + Sulfato + Farinha da Casca de Maracujá
Esgoto + Pectina	Esgoto + Sulfato + Pectina
Total: 6 testes	Total: 6 testes

No grupo de Jar-test com coagulante natural foram realizados 5 testes com coagulantes naturais adicionados ao esgoto e 1 teste foi realizado apenas com esgoto bruto (controle). No grupo Jar-test com coagulante natural e sulfato de alumínio foram realizados 5 testes com adição de coagulantes naturais ao esgoto associado ao sulfato de alumínio e 1 teste com apenas esgoto associado a sulfato de alumínio (controle).

No primeiro grupo os coagulantes naturais tem a função de coagulante, enquanto que no segundo grupo os coagulantes naturais vão funcionar como auxiliares do processo de coagulação.

Utilizou-se como velocidade de rotação inicial do Jar-test aproximadamente 130 RPM. Após a adição dos coagulantes, marcou-se 1min para redução da velocidade a aproximadamente 40 RPM e aguardou-se 10 min. Passados 10 min reduziu-se a velocidade para aproximadamente 20 RPM e aguardou-se 20 min. Após 20 min a agitação foi desligada e aguardou-se 30 min para caracterizar cada Jar-test determinando pH, turbidez, cor aparente e sólidos totais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, verificam-se os resultados obtidos nos testes utilizando como coagulante a casca da batata, da mandioca e do maracujá, a pectina e o amido sem auxílio do sulfato de alumínio, os resultados foram comparados aos do esgoto bruto (controle) e resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 3: Eficiência dos coagulantes naturais sem auxílio de sulfato de alumínio

	Esgoto bruto	Esgoto + Farinha da Casca de Batata	Esgoto + Farinha da Casca de Mandioca	Esgoto + Farinha da Casca de Maracujá	Esgoto + Pectina	Esgoto + Amido de Mandioca
pH	6,9	6,19	6,21	6,3	5,92	6,33
Turbidez (UNT)	381	92,2	89,3	93,9	87,9	66,8
Cor Aparente ($\mu\text{s}/\text{cm}^2$)	1719	1241	1123	1282	998	1111
SDT (mg/L)	0,74	1,60	1,34	1,15	0,81	0,62

O esgoto bruto apresentou pH no valor de 6,9, turbidez 381 UNT, cor aparente 1719 $\mu\text{s}/\text{cm}^2$ e sólidos dissolvidos totais de 0,74 mg/L.

Verifica-se que em todos os testes houve a redução significativa nos valores de pH e cor aparente, apenas a turbidez foi efetivamente reduzida. O pH manteve-se aproximadamente constante por causa da acidificação da amostra (a maior eficiência do sulfato de alumínio é verificada no valor de pH de 5,8 a 6,2), o pH da amostra com pectina esta mais ácido devido a utilização de suco de limão na preparação da pectina.

Na Tabela 4 pode-se verificar a porcentagem de remoção da turbidez e cor aparente usando os coagulantes naturais.

Tabela 4: Porcentagem de remoção da turbidez e cor aparente

% Remoção	Esgoto + Farinha da Casca de Batata	Esgoto + Farinha da Casca de Mandioca	Esgoto + Farinha da Casca de Maracujá	Esgoto + Pectina	Esgoto + Amido
Turbidez	75,80	76,56	75,35	76,93	82,47
Cor aparente	27,10	34,67	25,42	41,94	35,37

O percentual de redução da turbidez em todos os testes usando coagulantes naturais foi superior a 70 %. O melhor percentual de redução da turbidez foi obtido com o amido da casca de mandioca, com valor de 66,8 UNT e remoção de 82,47%.

A cor aparente é conferida á agua devido à presença de substâncias dissolvidas e substâncias em suspensão. A redução no valor da cor aparente está relacionada com a sedimentação de partículas dissolvidas e em suspensão. Os percentuais de remoção de cor aparente mantiveram-se abaixo de 50%, o melhor resultado foi o resultado da pectina do maracujá. Todos os coagulantes reduziram o valor de cor aparente, mas todos foram pouco eficientes.

Conforme os resultados de sólidos dissolvidos totais, todos os coagulantes elevaram os valores de SDT, com exceção do amido de casca de mandioca. O amido apresentou valor menor do que os sólidos presentes no esgoto bruto, o que caracteriza erro na análise de SDT do amido, não utilizaremos esse resultado para comparação da eficiência de SDT.

O corpo receptor da ETE Recanto das Emas é o Córrego Vargem da Bênção, a resolução CONAMA 357/2005 estabelece que o valor máximo de turbidez para corpos hídricos de classe 2 é 100 UNT. Verifica-se então que todos os coagulantes possuem eficiência na remoção da turbidez, pois todos apresentam turbidez < 100 UNT. Quanto ao pH e SDT as amostras respeitam os respectivos limites: pH de 6 a 9 e SDT menor ou igual a 500 mg/L.

Analisando-se todos os parâmetros, o coagulante que apresentou os melhores resultados foi o amido da casca de mandioca. Ele foi o mais eficiente na redução da turbidez, com valor de 82,47%, e na redução significativa dos valores de cor aparente. De forma geral nota-se que todos os coagulantes se mostraram eficientes na remoção de sólidos suspensos, porque houve redução nos valores de turbidez e cor aparente.

Na tabela 5 foram apresentados os resultados obtidos com o uso dos coagulantes naturais com o auxílio do sulfato de alumínio.

Tabela 5: Eficiência dos coagulantes naturais com auxílio de sulfato de alumínio

	Esgoto bruto	Esgoto + Farinha da Casca de Batata	Esgoto + Farinha da Casca de Mandioca	Esgoto + Farinha da Casca de Maracujá	Esgoto + Pectina	Esgoto + Amido de Mandioca
pH	5,8	5,32	5,88	5,0	4,9	5,28
Turbidez (UNT)	7,27	83,4	75,9	29,4	55,3	3,34
Cor aparente ($\mu\text{s}/\text{cm}^2$)	63	1224	1029	419	767	104
SDT (mg/L)	0,83	1,77	1,53	1,21	1,13	0,75

A amostra de esgoto utilizando o sulfato de alumínio como coagulante apresentou o pH de 5,8, turbidez de 7,27 UNT, cor aparente de 63 $\mu\text{s}/\text{cm}^2$ e sólidos dissolvidos totais de 0,83 mg/L. Podemos verificar que o pH na amostra tratada com apenas sulfato como coagulante não apresentou variação, o valor de pH foi de 5,8.

De forma geral o pH de todas amostras com coagulantes naturais manteve-se aproximadamente constante por causa da acidificação com ácido sulfúrico, os valores estão levemente abaixo do permitido pela CONAMA 357/2005.

Como esperado o sulfato de alumínio é muito eficiente na remoção da turbidez e apresentou valor de 7,27 UNT. As amostras utilizando a casca da batata, casca da mandioca, casca e pectina de maracujá associadas com o sulfato apresentaram turbidez superior à amostra tratada com apenas sulfato. Apenas o valor de turbidez do amido foi inferior ao da amostra tratada com apenas o sulfato, o amido apresentou valor de 3,34 UNT. Todas as amostras apresentaram valores de turbidez inferiores a 100 NTU, ou seja, os valores são menores que o estabelecido pela CONAMA 357/2005 no que se refere à turbidez para corpos hídricos de classe 2.

Todas as amostras apresentaram cor aparente superior ao esgoto tratado apenas com sulfato de alumínio, o valor foi de 63 $\mu\text{s}/\text{cm}^2$. Comparado aos outros coagulantes naturais, o amido da casca de mandioca apresentou o melhor resultado de cor aparente, com valor de 104 $\mu\text{s}/\text{cm}^2$. O amido não apresentou o menor valor de cor aparente, mas ainda assim o apresentou um valor muito eficiente de redução.

O amido apresentou valor de SDT menor do que o valor presente no esgoto bruto, bem como na análise de coagulantes naturais sem auxílio do sulfato de alumínio, o que caracteriza erro na análise de SDT do amido. Portanto novamente não utilizaremos esse resultado para comparação da eficiência de SDT.

Na tabela 6 verifica-se a porcentagem de remoção da turbidez e cor aparente nas amostras tratadas com sulfato de alumínio associados aos coagulantes naturais.

Tabela 6: Porcentagem de remoção da turbidez e cor aparente com auxílio do sulfato de alumínio

% Remoção	Esgoto bruto	Esgoto + Farinha da Casca de Batata	Esgoto + Farinha da Casca de Mandioca	Esgoto + Farinha da Casca de Maracujá	Esgoto + Pectina	Esgoto + Amido de Mandioca
Turbidez	98,09	78,11	80,08	92,28	85,49	99,12
Cor aparente	96,34	28,80	40,14	75,63	55,38	93,95

Observa-se que a amostra tratada com o sulfato de alumínio associado ao amido da casca de mandioca apresentou a menor porcentagem remoção da turbidez, o valor foi de 99,12% de remoção. De acordo com os resultados obtidos, o sulfato associado ao amido da casca de mandioca teve eficiência superior a amostra tratada apenas com o sulfato de alumínio (98,09). Isso mostra que o amido é eficiente na remoção de partículas dissolvidas que estão presentes na amostra.

No que se refere à cor aparente, a amostra tratada com sulfato de alumínio associado ao amido também foi a amostra que apresentou a melhor percentagem de remoção, a remoção do valor da cor aparente foi de 93,95%.

Na literatura existem poucos experimentos que testaram coagulantes naturais e obtiveram bons resultados, portanto foi necessário modificar e adaptar a metodologia e a dosagem dos coagulantes a partir de outros trabalhos. A quantidade de coagulante utilizada no *Jar-test* pode ter sido superior a quantidade necessária para realizar o processo de coagulação do esgoto da forma mais eficiente possível.

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados obtidos, quando os coagulantes naturais foram testados sem o sulfato de alumínio todos eles apresentaram redução da turbidez e redução de cor aparente. A casca da batata, da mandioca, do maracujá e a pectina contribuíram para o aumento do valor dos sólidos dissolvidos totais nas amostras por possível excesso de dosagem. Realizando avaliação de todos os parâmetros, o amido da casca de mandioca apresentou a melhor eficiência, pois removeu 82% da turbidez e segunda melhor remoção de cor aparente.

Quando os coagulantes naturais foram testados em associação com o sulfato de alumínio, a turbidez de todas as amostras aumentou em relação ao esgoto bruto, com exceção apenas do amido de casca de mandioca, o qual apresentou remoção de 99,12% da turbidez, valor inclusive mais eficiente do que o valor do sulfato de alumínio tratando isoladamente o esgoto, o qual apresentou remoção de 98,09%. Em relação ao parâmetro cor aparente, todos os coagulantes também apresentaram aumento em relação ao controle, mas o amido apresentou o valor mais próximo do controle. Portanto de forma geral, o amido apresentou os melhores resultados para remoção de turbidez (remoção de 99,12%) e de cor aparente (93,95%), pois esses valores foram os mais altos dentre todos os outros coagulantes testados.

Assim, o amido da casca de mandioca demonstrou-se o material natural mais eficiente quando utilizado como coagulante. Mas o resultado mais relevante do estudo foi obtido com a associação do amido e sulfato de alumínio, pois nesse caso a associação apresentou remoção de turbidez superior ao sulfato de alumínio agindo isoladamente.

Recomenda-se que sejam realizadas outras pesquisas para determinar a melhor dosagem de amido da casca de mandioca no tratamento de esgoto, bem como, pesquisas para verificar a viabilidade do uso dessas cascas como auxiliadoras do processo de coagulação. As cascas de mandioca são um produto natural facilmente encontrado no Brasil, com valor de aquisição baixo e podem gerar resíduos de ETEs menos prejudiciais a saúde e ao meio ambiente do que os resíduos compostos exclusivamente de sulfato de alumínio como coagulante.

5. REFERÊNCIAS

1. AGUDO, E.G. Curso “Fundamentos Químicos do Saneamento”, Universidade Mackenzie, 1988.
2. BRASÍLIA, Agência. Caesb firma convênio para ampliar saneamento no DF. Disponível em: <<http://www.gdf.df.gov.br/noticias/item/12705-caesb-firma-convênio-para-ampliar-saneamento-no-df.html>>. Data: 20 de abril de 2014.
3. CAESB. Estações de Tratamento de Esgoto. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/esgoto/conheca-as-unidades.html>>. Data: 15 de abril de 2014.
4. CESAMA. Saneamento Básico - Conceitos. Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=saneamento>>. Data: 20 de abril de 2014.
5. CETESB. Alumínio. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/aluminio.pdf>>. Data: 20 de abril de 2014.
6. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de maio 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. Brasília, DF.
7. FAGUNDES, T. S. Uso de Polímero Natural a Base de Amido como Auxiliar de Flocação no pós-tratamento de efluentes UASB com Flotação por Ar Dissolvido. 2010. 111 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
8. NaturalTec. Tratamento de água. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/Tratamento-Agua-Reator-Fisico-Quimico.html>>. Data: 20 de maio de 2014.
9. PINTO FILHO, A. C. T. e BRANDÃO, C. C. S. Avaliação do potencial da flotação por ar dissolvido sob pressão como pós-tratamento para efluentes de reatores anaeróbios de fluxo ascendente. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, 2000.

10. Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais, 2009, Brasília. Licenciamento ambiental de Estações de Tratamento de Esgoto e aterros sanitários. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. 68 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/dai_pnc/_publicacao/76_publicacao19042011110356.pdf>. Data: 20 de abril de 2014.
11. SANEAGO. Operação de Estação de Tratamento De Água. Disponível em: <http://www.saneago.com.br/site/concursos/2007/pdf/Manual_Operacao_de_Estacao_de_Tratamento_de_Agua.pdf>. Data: 21 de abril de 2014.
12. SANAENCO. Panorama do saneamento básico no brasil: situação em 2008 e os investimentos previstos para a copa do mundo de 2014. Disponível em: <http://www.sinaenco.com.br/downloads/Saneamento_Copa.pdf>. Data: 20 de abril de 2014.
13. SANEBAVI. O que é Saneamento Básico. Disponível em: <<http://www.sanebavi.com.br/?idt=37>>. Data: 15 de abril de 2014.
14. SANTOS, T. Z. dos et al. Estudo da utilização de floculantes. In: Ciência para Desenvolvimento Sustentável, 2., 2010, Toledo. Anais do II ENDICT – Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica. Toledo: Ufpr, 2010. p. 108 - 111. Disponível em: <[http://www.utfpr.edu.br/toledo/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/anais-do-endict-encontro-de-divulgacao-cientifica-e-tecnologica/anais-do-ii-endict/Q Santos et al - 108-111.pdf](http://www.utfpr.edu.br/toledo/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/anais-do-endict-encontro-de-divulgacao-cientifica-e-tecnologica/anais-do-ii-endict/Q_Santos_et_al_-_108-111.pdf)>. Data: 20 de maio de 2014.
15. TUCCI, C. E. M.. Gestão de Águas Pluviais. Porto Alegre: Ministério das Cidades, 2005. 192 p.