

RECICLAGEM DE PLÁSTICO E TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA POSSIBILIDADE PARA O REUSO DA ÁGUA.

Aline Bordin

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Sertão. Graduanda do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, IFRS – Campus Sertão.

Charline Ujacov Silveira, Francieli Frank, Vanderlei Rodrigo Bettiol

Email: a.bordin@bol.com.br

RESUMO

Diante da crescente produção e do conseqüente consumo, torna-se necessário alternativas para o tratamento do lixo gerado. Entre as possíveis soluções para o gerenciamento correto do lixo está a reciclagem, porém esse processo também gera resíduos, especialmente efluentes líquidos. Diante disso, a presente pesquisa tem a finalidade de analisar o efluente líquido de uma empresa recicladora de plásticos, para assim, propor um tratamento que possibilite o reuso da água nos processos. Para tanto, fez-se a caracterização do efluente com análises quantitativas de pH, turbidez, sólidos sedimentáveis, totais, fixos e voláteis, demanda química de oxigênio, condutividade e temperatura. Após verificação destes dados, o tratamento adequado para o efluente demonstrou ser o físico-químico, mais especificamente a clarificação. Fez-se a simulação do tratamento através de testes de jarros, utilizando como coagulante o $Al_2(SO_4)_3$ (sulfato de alumínio) a 1% e, como alcalinizante solução de $Na_2(CO)_3$ (carbonato de sódio) também a 1%, dos quais obteve-se como melhor resultado turbidez de 13,9 NTU, com redução significativa de sólidos e DQO, bem como aspecto transparente e sem cor. Contudo, obteve-se água possível de ser reutilizada nos processos industriais da empresa sendo proposto um possível tratamento para o efluente com o objetivo de reuso.

PALAVRAS-CHAVE: reciclagem, efluentes, reuso da água.

INTRODUÇÃO

O acelerado processo de urbanização, aliado ao consumo crescente de produtos menos duráveis, provocou sensível aumento de volume e diversificação do lixo gerado e sua concentração espacial. Desse modo, o encargo de gerenciar o lixo tornou-se uma tarefa que demanda ações diferenciadas e articuladas, as quais devem ser incluídas entre as prioridades dos órgãos públicos. Na realidade brasileira, o reaproveitamento do lixo é visto basicamente como uma atividade privada. Como tal, a sua execução está habitualmente associada à ideia de “empresa”, com o propósito claro de gerar lucro para os seus executores.

Várias são as alternativas para realizar o gerenciamento do lixo, como por exemplo através da reciclagem. A reciclagem é o processo de reaproveitamento de resíduos sólidos, é considerado o melhor método de destinação do lixo, em relação ao meio ambiente, uma vez que diminui a quantidade de resíduos enviados a aterros sanitários, e reduz a necessidade de extração de matéria-prima diretamente da natureza.

O gerenciamento correto do lixo e os resultados da reciclagem são expressivos em vários campos. No meio ambiente a reciclagem pode reduzir a acumulação progressiva de resíduos; a produção de novos materiais, como por exemplo o papel, que exigiria o corte de mais árvores; as emissões de gases como metano e gás carbônico; as agressões ao solo, ar e água; entre outros tantos fatores negativos. No aspecto econômico a reciclagem contribui para uma utilização mais racional dos recursos naturais e a reposição daqueles recursos que são passíveis de re-aproveitamento. No âmbito social, a reciclagem não só proporciona melhor qualidade de vida para as pessoas, através das melhorias ambientais, como também tem gerado muitos postos de trabalho e rendimento para pessoas que vivem nas camadas mais pobres.

Quanto ao processo de reciclagem, segundo Kaminsky (1992), a reciclagem dos resíduos plásticos pode ser viabilizada através do reprocessamento por extrusão, injeção, termoformagem, moldagem por compressão, etc. Para este fim são necessários alguns procedimentos que incluem as seguintes etapas: separação do resíduo polimérico, moagem, lavagem, secagem, reprocessamento e, finalmente, a transformação do polímero em produto acabado. Existem variações nestas etapas devido à procedência e o tipo de polímero.

Na prática as usinas de reciclagem também causam impactos ambientais, principalmente quanto aos efluentes que geram no processo de reciclagem de materiais. O grande problema é o tratamento originado pelo processo de lavagem, por conter uma carga alta de diversos poluentes, que não podem ser descartados sem adequado tratamento. O efluente da

reciclagem quando não é tratado pode causar uma poluição, especialmente da água, maior do que se o resíduo fosse disposto de forma inadequada. Kaminsky (1992)

O problema dos efluentes nos remete a uma análise sobre o modo de produção e os hábitos da população, constantemente incentivados para que o sistema gire e se obtenha mais lucratividade. Diante disso, a gestão ambiental nas organizações tem ganhado espaço, especialmente após a percepção que os ganhos podem aumentar, diminuindo os custos de produção através de medidas como o reuso, reciclo e a diminuição dos efluentes líquidos.

Diante da crescente escassez da quantidade de água disponível é necessário que as indústrias e demais organizações repensem seus processos que utilizam água. Dentre as alternativas que podem minimizar esse problema, diminuindo o uso de água, está a possibilidade de realização de tratamento dos efluentes de forma que possam ser reutilizados no processo. Assim, forma uma espécie de ciclo fechado, no qual a água é utilizada, passa por tratamento e volta a ser reutilizada, sucessivamente. Macêdo (2007)

Segundo Macêdo (2007, p. 161), “para a reutilização de água é necessário que a contaminação gerada na etapa anterior, ou no seu uso anterior, não interfira no uso posterior”. Desta forma, há necessidade de um tratamento que possibilite a remoção dos materiais e contaminantes da água. O grau de tratamento depende da necessidade específica de cada efluente.

Pode-se fazer tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário, individualmente ou em conjunto. Normalmente o tratamento primário é a remoção física de sólidos, sedimentação e flotação. Como tratamento secundário pode-se citar os biológicos como lagoas, lodos ativados e digestão aeróbia e anaeróbia, ou processos físicos como a coagulação e floculação. No tratamento terciário normalmente são empregados processos mais avançados necessários para remover substâncias tóxicas, filtrações, troca iônica.

Os processos físico-químicos são aplicados quando os compostos orgânicos e inorgânicos não são facilmente biodegradáveis. Dentre as opções a clarificação definida por Santos Filho (1990), “como sendo a remoção da matéria finamente dividida e em suspensão em uma água.” As principais etapas deste processo são a coagulação e a sedimentação. Para a coagulação pode ser adicionado produtos químicos, os mais usados são o sulfato de alumínio, sulfato férrico, sulfato ferroso, cloreto férrico, aluminato de sódio e os polieletrólitos. Há ainda os auxiliares na coagulação que são produtos alcalinos como o óxido de cálcio, carbonato de sódio, hidróxido de sódio e polieletrólitos. Santos Filho (1990)

O teste mais indicado para estimar as concentrações e os produtos químicos a serem usados para uma boa clarificação da água é o teste de jarros. Com ele é possível reproduzir as condições do tratamento quanto a tempo de agitação, tempo de sedimentação, e principalmente, as concentrações de produtos químicos que devem ser adicionadas para a eficiência do processo. Santos Filho (1990)

Diante do exposto, o presente estudo buscou qualificar o efluente gerado por uma empresa recicladora de plástico, bem como realizar testes laboratoriais com a finalidade de propor um possível tratamento para o efluente líquido, permitindo assim, o reuso da água nos processos industriais.

2 linhas em branco, fonte Times New Roman, corpo 10

METODOLOGA

A empresa estudada, sediada no município de Estação, norte do RS, atua no segmento da reciclagem mecânica de plásticos do tipo Polipropileno (PP), Polietileno (PE) e Polietileno de Alta Densidade (PEAD). Estes, são polímeros termoplásticos, ou seja, plásticos que não sofrem alterações em sua estrutura química durante o aquecimento e que após o resfriamento podem ser novamente moldados. A empresa atua no ramo de reciclagem de plástico a pouco mais de seis anos.

Os processos realizados na empresa são: classificação, moagem e lavagem, secagem, extrusão e micronização. Na classificação, os resíduos plásticos que chegam à empresa são separados pela sua tipologia e cor, garantindo assim a qualidade do produto final. O plástico selecionado é triturado em pequenos pedaços em moinhos, esta etapa é feita com água, pois enquanto está sendo moído, o material já vai sendo lavado. Depois de moído o plástico é encaminhado para a secagem, primeiramente em centrífuga para retirar o excesso de água, e, se necessário, ainda passa por estufas que em altas temperaturas eliminam o restante da umidade. A extrusão é o processo no qual o plástico moído é plastificado e homogeneizado em altas temperaturas. Nesta etapa sai um "espaguete" contínuo, que é resfriado com água e em seguida picotado em grânulos (grãos de plásticos), também chamados de pellets. O plástico granulado pode ser considerado o produto final, porém, se necessário, pode-se transformar os pellets em pó através da micronização.

Através de um diagnóstico ambiental da empresa, verificou-se a realidade da empresa quanto ao consumo de água. Identificou-se a procedência deste recurso, sua utilização bem como o efluente gerado, quantificando-a em cada etapa, ou seja, fez-se um balanço hídrico da recicladora.

Com base neste balanço, o efluente líquido identificado foi caracterizado com análises de temperatura (medição direta com termômetro de mercúrio), pH (fitas indicadoras universais), turbidez (método nefelométrico com Turbidímetro HANNA HI 98703), sólidos sedimentáveis (cone de himhof), sólidos totais, fixos e voláteis (método gravimétrico), demanda química de oxigênio–DQO (método do refluxo) e condutividade (método eletrométrico com Condutivímetro Adwa AD300). Todas as análises foram realizadas de acordo com os padrões de APHS - *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* 17th ed. apud Macêdo, 2005.

A caracterização foi feita em uma amostra coletada, armazenada e preservada de acordo com a NBR 9898 de 1987. Utilizou-se esta mesma amostra para os testes de tratamento. Como proposta de tratamento para esse efluente realizou-se primeiramente um gradeamento grosso seguido de sedimentação e flotação. Após, realizou-se a clarificação com teste de jarros utilizando aparelho Flocccontrol II da PoliControl para 3 testes. Como coagulante usou-se solução de $Al_2(SO_4)_3$ (sulfato de alumínio) a 1% e, como alcalinizante solução de $Na_2(CO_3)$ (carbonato de sódio) também a 1%. Realizou-se no total 5 testes, cada um com 3 jarros, nos quais alterou-se a concentração de coagulante e alcalinizante, bem como o tempo de agitação lenta e rápida.

Com base nos dados obtidos nos testes laboratoriais, avaliou-se a eficiência do tratamento para o efluente da recicladora de plástico, bem como um possível sistema de tratamento eficiente e que possibilite o reuso da água nos processos industriais da empresa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E BALANÇO HÍDRICO

A empresa recicladora de plástico em estudo exerce importante papel de preservação dos recursos naturais. A reciclagem de plástico é extremamente importante e necessária nos dias de hoje, pois toneladas de resíduos que estariam sendo dispostos inadequadamente em rios, solos, lixões ou aterros, estão sendo transformados em matéria prima para novos produtos.

Contudo, o diagnóstico ambiental feito na empresa demonstrou que em vários dos seus processos há geração de gases, ruídos, resíduos e efluentes que podem causar graves danos ambientais e prejudicar a saúde humana. Levando em consideração o objetivo deste estudo, apenas será levando em consideração a geração de efluentes líquidos. O balanço hídrico realizado na empresa pode ser observado na Figura 1:

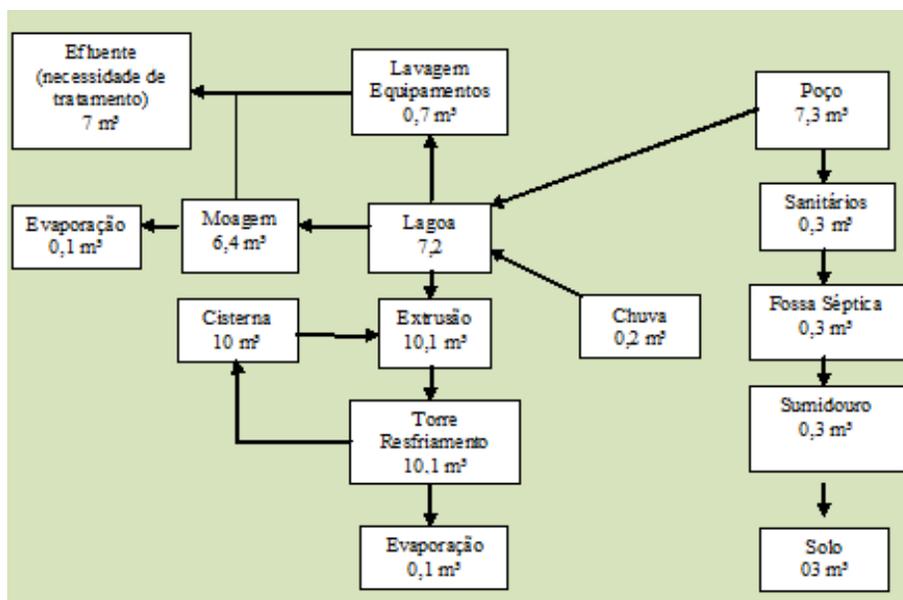


Figura1: Balanço hídrico da recicladora de plástico. Fonte: Autor do Trabalho.

Como pode ser observado no balanço hídrico da empresa há um gasto de 17,5 m³ diários de água. A finalidade desta água está assim distribuída: 0,3 m³/dia para sanitários, 6,4 m³/dia para processo industrial, 10,1 m³/dia para resfriamento, e 0,7 m³/dia para lavagem de equipamentos. No processo industrial e no resfriamento há perda de 0,1 m³/dia para cada uma das etapas, somando assim uma perda de 0,2 m³/dia de água por evaporação. Destes 17,5 m³, são gerados 7 m³ diários de efluentes líquidos que necessitam de tratamento para serem reutilizados ou lançados no ambiente.

CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

O efluente é proveniente da etapa de moagem e lavagem dos plásticos e da limpeza dos equipamentos. As impurezas dos plásticos que chegam à empresa são diversas, há embalagens contaminadas com ácidos, com essências, empoeiradas e ainda com outras substâncias que podem estar presentes e não são identificadas.

Além destas impurezas, na moagem do plástico a poeira que seria liberada se a mesma fosse a seco fica na água que está presente no processo. O resultado disso é um efluente de aspecto sujo e de cor negra com altas concentrações de polímeros e impurezas, além de possuir odor desagradável. Se liberado ao ambiente sem um devido tratamento, poderá impactar o solo e recursos hídricos nas proximidades da empresa, afetando os moradores da região, devido ao seu potencial poluidor, além do elevado volume gerado. Tabela 1 observa-se os resultados obtidos na caracterização do efluente gerado nas etapas de moagem e lavagem do plástico e limpeza dos equipamentos.

Tabela 1: Caracterização do efluente das etapas de moagem e lavagem dos plásticos e lavagem dos equipamentos da recicladora de plástico – Fonte: Autor do Trabalho.

Parâmetro	Resultado
Temperatura (°C)	19
pH	6
Turbidez (NTU)	608
Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	1,5
Sólidos Totais (g/L)	2,0898
Sólidos Fixos (g/L)	0,06
Sólidos Voláteis (g/L)	2,0298
DQO (mg O ₂ /L)	11003,52
Condutividade (µS)	968
Sólidos Flotados (mL/L)	45

A temperatura obtida foi a ambiente, no processo não há aquecimento da água, até mesmo pelo fato de a mesma estar em constante movimento, possibilitando assim o seu resfriamento natural.

Quanto ao pH, que resultou em 6, pode-se afirmar que está levemente ácido. Segundo informações do Proprietário, embalagens contaminadas com ácido são moídas e lavadas com frequência, este é um dos motivos pelo qual o efluente caracterizou-se ácido.

O efluente apresentou elevada demanda química de oxigênio (DQO), 11003,52 mg de O₂/L. A DQO estima a quantidade de oxigênio necessária para oxidar as substâncias orgânicas e minerais além de moléculas aromáticas mais estáveis como benzeno e tolueno, sendo assim um importante parâmetro para estimar o potencial poluidor, no caso, o consumo de oxigênio do efluente nos ecossistemas aquáticos.

A turbidez é outro parâmetro que merece destaque pelo elevado valor obtido. A mesma é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Apesar de ser importante no tratamento físico químico na formação de flocos pesados que decantam mais rapidamente do que água com baixa turbidez, tem como desvantagem no caso da desinfecção, poder dificultá-la pela proteção que pode dar aos microrganismos no contato direto com os desinfetantes.

Os sólidos também apresentaram elevadas concentrações. Principalmente os totais com 2,0898 g/L e os voláteis com 2,0298 g/L. Os fixos por sua vez, em relação aos outros, apresentaram valores baixos. Isto representa que a grande quantidade de sólidos é matéria orgânica e compostos voláteis, sendo os sais e alguns elementos ferrosos, os quais constituem os fixos presentes em concentrações menos elevadas.

Os sólidos sedimentáveis também não apresentaram resultados expressivos, porém neste processo de decantação, o que ocorreu de maior significância foi a flotação de polímeros. Este processo resultou em um volume de 45 mL/L de sólidos que se mantiveram na superfície da amostra. Este fato decorre pela presença de polímeros finos, que mesmo passando por um gradeamento, permanecem no efluente e flutuam à superfície por serem de baixa densidade.

Com base nos dados obtidos na caracterização do efluente da empresa, fica evidente a necessidade de um tratamento do mesmo para que este possa ser reutilizado nos processos industriais. Vale ressaltar, que para a reutilização da água, a contaminação da etapa anterior não pode interferir na etapa posterior Macedo (2007).

Para o reuso em fins industriais, não há padrões específicos à serem cumpridos. As características da água para o reuso depende das necessidades do processo em que será empregada. A empresa em questão necessita de água para limpar os plástico e os equipamentos, portanto, a água necessita estar relativamente limpa, mas não necessariamente com padrões de potabilidade para o consumo humano.

Devido às características do efluente, e com base em outros resultados obtidos por alguns autores para o mesmo tipo de efluente, o tratamento biológico foi descartado. Bordonalli & Mendes (2009), em seu trabalho, obteve bons resultados para o tratamento de efluente de uma empresa recicladora de plástico com tratamento físico químico “por coagulação, floculação, decantação e filtração em manta geotêxtil, com o uso do hidroxiclreto de alumínio (PAC) como coagulante, soda cáustica (50%) como alcalinizante e polieletrólito como auxiliar de floculação”.

Da mesma forma, Viveiros (2008) determinou condições ideais de ph, concentração de floculantes e alcalinizantes, através de testes de jarros, obtendo redução de cor e turbidez superiores a 90%.

Complementando, a procedência e o grau de impureza dos plásticos moídos não são sempre as mesmas, substâncias tóxicas podem inibir o desenvolvimento da massa microbiana, impedindo o tratamento biológico.

ENSAIOS DE TRATABILIDADE

Tratamento Primário

Devido à presença de pedaços de plásticos grosseiros que acabam sendo arrastados com a água de lavagem, torna-se necessário um tratamento primário para remover estes sólidos. O gradeamento seguido por sedimentação e flotação primária demonstrou-se eficaz. Através do gradeamento os pedaços maiores de plásticos são retirados, e, na sedimentação e flotação primária, os sólidos sedimentáveis (terra e areia) ficam depositados no fundo, e os sólidos em suspensão (polímeros) na superfície.

O tratamento primário simulado no laboratório apresentou significativa redução de sólidos. Nesta etapa, a flotação ocorreu rapidamente e espontaneamente, o volume de sólidos retirados na superfície foi 45 ml/L, basicamente constituído de finos resíduos de plástico. A Tabela 2 apresenta a redução de sólidos obtida através do gradeamento seguido de sedimentação e flotação, constituindo assim o tratamento primário.

Tabela 2: Redução de sólidos obtido após tratamento primário – Fonte: Autor do Trabalho.

Parâmetro	Inicial	Após Tratamento Primário	Redução (g/L)	Redução (%)
Sólidos Totais (g/L)	2,0898	0,1150	1,9748	94,49
Sólidos Fixos (g/L)	0,0600	0,0322	0,0278	46,33
Sólidos Voláteis (g/L)	2,0298	0,0828	1,9470	95,92

Apesar da significativa redução de sólidos, o efluente ainda permaneceu de cor negra, pois este gradeamento apenas retira os sólidos grosseiros, constituídos de pedaços de plásticos.

Tratamento Secundário

Um tratamento secundário demonstrou-se necessário para remover o restante de sólidos e impurezas que apresentam-se dissolvidos. Apenas as partículas com tamanhos que variam de 10^{-3} a 10^{-1} mm, sedimentam facilmente, em tempo razoável de 1 hora. As substâncias coloidais, com tamanho de 10^{-6} a 10^{-3} mm, necessitam de coagulação química para formarem flocos e sedimentarem. “Sedimentação simples não remove cor da água (substâncias dissolvidas ou estado coloidal)”. Macedo, (2007, p.355)

A clarificação é um tratamento físico-químico que possibilita a remoção da matéria finamente dividida e em suspensão na água. As substâncias coagulantes reagem com a alcalinidade natural ou adicionada formando polímeros com cargas positivas que atraem as cargas negativas dos coloides, formando flocos mais densos que decantam. Macedo, (2007)

Como tratamento secundário optou-se pelo processo de clarificação utilizando-se como coagulante o $Al_2(SO_4)_3$ (sulfato de alumínio) a 1% e, como alcalinizante solução de $Na_2(CO_3)$ (carbonato de sódio) também a 1%.

Na Tabela 3 observa-se os resultados obtidos para os 5 testes de clarificação simulados em teste de jarros, cada qual com suas diferentes concentrações de coagulante, alcalinizante e tempo de agitação rápida e lenta.

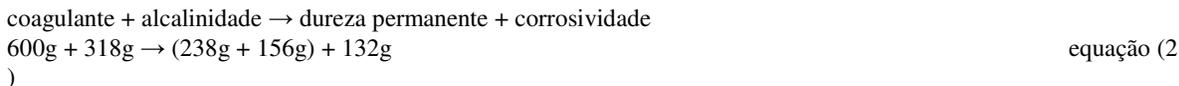
Tabela 3: Resultados dos testes de jarro realizados com diferentes volume de amostra, tempo de agitação lenta e rápida, concentração de coagulante e alcalinizante e a turbidez e pH resultantes – Fonte: Autor do Trabalho.

	Jar-ro	Volume Amos-tra (ml)	Tempo Agitação Rápida (min.)	Tempo Agitação Lenta (min.)	pH Tes-te	Concentra-ção $Al_2(SO_4)_3$ mg/L	Concentra-ção $Na_2(Ca)_3$ mg/L	Proporção $Al_2(SO_4)_3 : Na_2(Ca)_3$	Turbi-dez (NTU)	pH Final
Teste 1	1	500	5	30	6	20,00	0,00		144	6
	2	500	5	30	6	40,00	0,00		170	6
	3	500	5	30	6	60,00	0,00		166	7
Teste 2	1	500	1	10	9	33,33	666,67	0,05	144	7
	2	300	1	10	9	66,67	666,67	0,10	591	7
	3	300	1	10	9	100,00	666,67	0,15	350	7
Teste 3	1	300	1	10	9	333,33	666,67	0,50	34,8	7
	2	300	1	10	9	666,67	666,67	1,00	35,1	7
	3	300	1	10	9	1000,00	666,67	1,50	47,3	7,5
Teste 4	1	300	1	10	9	1000,00	333,33	3,00	13,9	7
	2	300	1	10	9	1000,00	500,00	2,00	35,1	7
	3	300	1	10	9	1000,00	666,67	1,50	18,2	7
Teste 5	1	300	1	10	9	666,67	333,33	2,00	21,9	7
	2	300	1	10	9	666,67	500,00	1,33	24,9	7
	3	300	1	10	9	500,00	500,00	1,00	68,8	7

Utilizando o sulfato de alumínio como coagulante e o carbonato de cálcio como alcalinizante, observa-se a seguinte reação entre estas substâncias:



Levando em consideração a razão estequiométrica da reação, pode-se expressar em massa a seguinte proporção para os principais constituintes da reação:



Segundo a razão estequiométrica vista a cima, a proporção de massa do coagulante por massa de alcalinizante é igual a 1,88. O melhor resultado obtido no teste foi com proporção de 3g de coagulante para 1 g de alcalinizante. Este dado demonstra que apesar do pH do efluente ser ácido, em torno de 6, o mesmo apresenta alcalinidade, ou seja, presença de carbonatos, bases fortes ou fracas ou sais de ácidos fracos.

O Teste 1, no qual adicionou-se apenas coagulante, não houve formação de flocos, torna-se necessário adicionar alcalinizantes, os quais são necessários para reagirem com o sulfato de alumínio. Da mesma forma no Teste 2 também não observou-se formação de flocos, neste caso, mesmo sendo adicionado alcalinizante, elevando o pH do efluente para 9, a concentração de coagulante não foi suficiente para reagir e formar flocos.

Nos testes 3, 4 e 5, nos quais utilizou-se maiores concentrações de coagulantes e alcalinizantes houve formação de flocos em todos os Jarros, sendo que o melhor resultado para turbidez foi para o Jarro 1 do Teste 4, em destaque na tabela. Neste teste, apesar de não ter formado flocos grandes como no Jarro 3 do Teste 3, a turbidez resultante foi a melhor obtida. Mesmo formando flocos finos, a decantação ocorreu com velocidade boa, e a turbidez resultou em 13,9 NTU, com elevada redução em consideração ao valor inicial, sendo que este valor pode ser reduzido se adotado tempo maior de decantação.

Na Tabela 4 observa-se os resultados obtidos para os parâmetros após o tratamento secundário, bem como a redução em relação às características iniciais do efluente, utilizando-se os parâmetros do Jarro 1 do Teste 4, o qual apresentou melhor resultado.

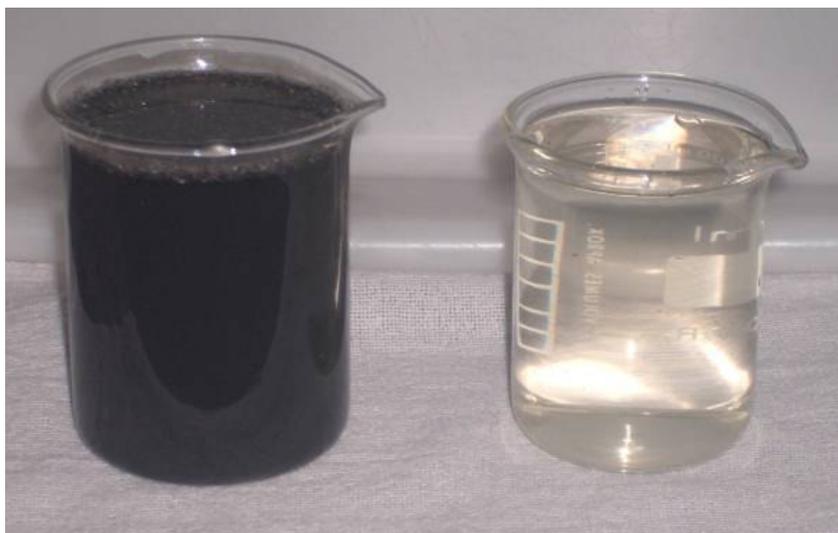
Tabela 4: Resultados dos parâmetros iniciais e após tratamento primário e secundário, e a redução obtida – Fonte: Autor do Trabalho.

Parâmetro	Efluente Inicial	Efluente Após Tratamento Primário e Secundário	Redução (%)
pH	6,00	7,00	Negativa
Turbidez (NTU)	608,00	13,90	97,71
Sólidos Sedimentáveis (ml/L/H)	1,50	0,00	100,00
Sólidos Totais (g/L)	2,09	0,05	97,40
Sólidos Fixos (g/L)	0,06	0,04	37,16
Sólidos Voláteis (g/L)	2,03	0,02	99,18
DQO (mg O ₂ /L)	11003,52	Não identificada em 50 mL	Próximo de 100,00
Condutividade (µS)	968,00	1435,00	Negativa
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	-	280,00	-
Gás Carbônico Livre (mg CO ₂ livre/L)	-	4,00	-
Oxigênio Consumido (mg O ₂ /L)	-	100,00	-

A redução da turbidez, dos sólidos sedimentáveis, totais e voláteis, foi extremamente significativa chegando a 100%, exceto para os sólidos fixos para os quais obteve-se redução de apenas 37,16%. Este fato deve-se a adição do sulfato de alumínio e de carbonato de sódio, dos quais possivelmente pequenas concentrações permaneceram no efluente, indicada também pela condutividade que obteve leve aumento.

A redução da DQO, merece destaque, a mesma estava em concentração consideravelmente alta, em 11003,52 mg de O₂/L, a qual após o tratamento não foi quantificada na análise de DQO, devido que a mesma não é indicada para análises de pequenas quantidades de matéria orgânica. Visto isto, para quantificar a matéria orgânica restante fez-se análise de oxigênio consumido a qual apresentou resultado relativamente baixo, igual a 100 mg de O₂/L, com uma redução de 99,09% com relação a DQO inicial do efluente.

Além disto, o ph, que no início era 6, ou seja, ácido, tornou-se neutro, com valores próximos de 7, o que é um fator positivo do tratamento visto a não necessidade de corrigir o pH após a clarificação.



Ainda, além destas importantes mudanças nas características do efluente, vale ressaltar a mudança de cor de negra para transparente, levemente amarelada. O aspecto do efluente após o tratamento primário e secundário demonstrou-se ótimo como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2: Efluente da recicladora de plástico antes e depois do tratamento secundário – Fonte: Autor do Trabalho.

Tratamento Terciário

Contudo, para que a água torne-se ainda melhor, a cloração como tratamento terciário é necessária. Com a cloração, é possível eliminar o restante de matéria orgânica que ainda está presente após a clarificação, além de efetuar a desinfecção da água, o que é de extrema importância para que a mesma não apodreça, ou melhor, não desenvolva microrganismos ou algas, que a alterariam suas características, além de lhe darem cheiro desagradável.

A cloração do efluente após o tratamento secundária foi feita adicionando-se hipoclorito de sódio (10%) em concentração de 10 ml/L. O resultado deste processo foi a clarificação do efluente e a redução da pouca matéria orgânica que ainda estava presente, comprovada pela análise de oxigênio consumido que passou de 100 mgO₂/L para 50 mgO₂/L após a cloração.

PROPOSTA DE TRATAMENTO

Os testes laboratoriais simulando um tratamento físico-químico constituído de tratamento primário, secundário e terciário demonstraram ótimos resultados para a possibilidade de reuso da água nos processos industriais da empresa em estudo. Com isso, tomando como base as vazões reais de efluentes da empresa, foi proposto um possível sistema de tratamento do efluente líquido gerado na mesma.

O tratamento proposto é físico químico, constituído de: tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.

O primário consiste no gradeamento para retirada dos pedaços de plásticos mais grosseiros, o qual pode ser realizado em uma espécie de grade logo na entrada do Tanque 1, seguido de flotação que será efetuada neste primeiro tanque. Para a flotação, de acordo com o observado em laboratório, há necessidade de poucos minutos para que o resíduo fino de plástico vá para a superfície. Este pode ser retirado manualmente com o auxílio de uma peneira.

O secundário seria o processo de clarificação, o qual seria feito no Tanque 1, adicionando-se alcalinizante e coagulante, com agitação por auxílio de um motor com transferência de velocidade para agitação rápida e lenta. Após agitação rápida, o efluente fluirá do Tanque 1 para o Tanque 2 através da gravidade, onde fará a decantação, necessitando de apenas 10 a 15 minutos de sedimentação. O lodo pode ser retirado manualmente do tanque 2, o qual deve ser colocado

no Tanque 4, que será o leito de secagem para a evaporação da água, e perda da umidade. Vale ressaltar que este lodo trata-se de resíduo classe I, que deve ser encaminhado a uma empresa ou aterro capacitados para recebê-lo.

O tratamento terciário trata-se do processo de cloração, no qual com o auxílio de uma bomba de sucção passa-se o sobrenadante do tanque 2 para o tanque 3, adiciona-se o cloro, e assim completa-se o tratamento proposto, com um efluente possível de ser reutilizado nos processos da empresa.

Devido ao fato do tratamento ser feito em batelada, não há necessidade de investimentos com bombas dosadoras, visto que os reagentes serão adicionados de uma só vez com o auxílio da agitação de um motor elétrico, com redução e transmissão de velocidade, para ser possível com o mesmo realizar a agitação rápida e lenta.

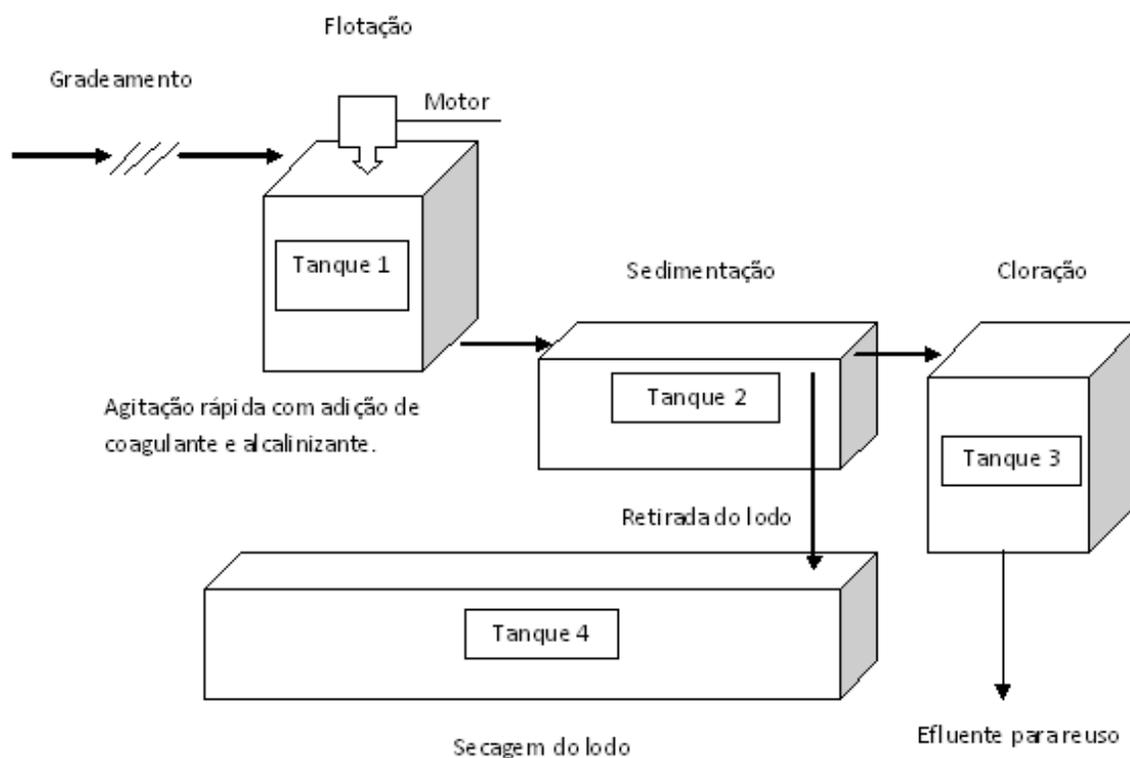


Figura 3: Esquema do tratamento proposto para empresa recicladora de plástico – Fonte: Autor do Trabalho.

Ao todo serão 4 tanques, cada um com capacidade de 4,5 m³, sendo possível armazenar em cada um, pouco mais da metade do volume de água consumido diariamente na empresa. Esta dimensão proposta é capaz de tratar os 7,0 m³ diários em duas bateladas. O tempo para o tratamento é curto, tomando como base 10 minutos de flotação inicial, para retirada dos sólidos em suspensão, um minuto de agitação rápida, 10 minutos de agitação lenta e de 10 a 15 minutos para decantação e ainda 15 minutos para a cloração, sendo assim, é possível realizar o tratamento em pouco mais de 1 hora.

Os investimentos para o tratamento não são altos, há necessidade de construir os tanques, um motor elétrico com redução e transmissão de velocidade, e a compra de produtos químicos (coagulantes, alcalinizantes e cloro). Estudos quanto aos valores de investimento para este tipo de tratamento feito por Bordonalli & Mendes (2009) para uma empresa de reciclagem de plástico, levando em consideração: mão-de-obra, construção, equipamentos, produtos e outros, demonstrou que o investimento é recuperado pelo empreendedor em pouco mais de um ano, e ainda concluiu que o custo de tratamento e reuso na empresa é menor do que se fosse feito o tratamento e descarte do efluente ao ambiente e também menor do que o tratamento externo, ou seja, terceirizado.

A baixo segue tabela com o custo mensal de produtos, estimado com valores de pesquisa de mercado, levando em consideração o melhor resultado dos testes de tratabilidade e o tratamento proposto neste estudo.

Tabela 5: Custo mensal de produtos para o tratamento proposto, levando em consideração as concentrações usadas no Jarro 1 do Teste 4, e considerando a geração de 7 m³ diários de efluente em 20 dias/mês – Fonte: Autor do Trabalho.

Produto	Concentração usada no Jarro 1 do Teste 4	Consumo Mensal	Valor de Mercado	Custo Mensal
Al ₂ (SO ₄) ₃ Pureza 15%	1000,00 mg/L	933,00 Kg/mês	0,45 R\$/Kg	420,00 R\$/mês
Na ₂ (CO) ₃ Pureza 99%	333,33 mg/L	47,13 Kg/mês	0,68 R\$/Kg	32,04 R\$/mês
Cloro Líquido 150 g/L	10,00 mg/L	1,40 Kg/mês ou 9,50 L/mês	2,00 R\$/L	19,00 R\$/mês
Custo Total Mensal de Produtos para o Tratamento Proposto				471,04 R\$/mês

Apesar da necessidade de investimento, o reuso da água é viável, visto a economia da mesma, além do benefício ambiental da empresa, que está prevenindo impactos provenientes do lançamento de efluentes à corpos hídricos. Para que o efluente seja lançado no ambiente, é preciso atender os padrões de emissões das Resoluções CONAMA 357/2005 e 397/2008 a nível de Brasil, e no caso do RS a Resolução CONSEMA 128/2006, que estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Certamente o tratamento para emissão do efluente tem de ser muito mais eficiente do que o tratamento para reuso. No reuso, mesmo que a água não apresente os padrões estabelecidos nas resoluções, pode-se incorporá-la nos processos industriais sem problemas para o processo de moagem e lavagem dos plásticos.

CONCLUSÃO

É indiscutível a importância da reciclagem de plástico, estando entre as alternativas mais viáveis para o tratamento correto desses resíduos, trata-se do reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria-prima para um novo produto. Ademais, a demanda ambiental é crescente e cada vez mais as empresas são cobradas para que aliem desenvolvimento e preservação ambiental. Porém, as usinas de reciclagem também causam impacto ambiental, especialmente pelos resíduos gerados.

No caso concreto, foi feita uma análise de uma recicladora de plásticos, de acordo com o diagnóstico ambiental a atividade gera 7 m³ de efluente com alto nível de contaminantes. Diante disso, foi recolhida amostra, que após caracterizada, fez-se testes de tratabilidade, propondo ao final um tratamento para o efluente, (físico-químico, mais especificamente a clarificação).

A simulação do tratamento através dos testes de jarros, dos quais obteve-se como melhor resultado turbidez de 13,9 NTU, com redução significativa de sólidos e DQO e mudança de cor negra para transparente, melhorando ainda mais as características da água com posterior cloração para eliminar microrganismos e o restante de matéria orgânica.

O tratamento proposto consistiu em tratamento primário: flotação para retirada dos sólidos mais grosseiros; Tratamento secundário: clarificação, para coagulação e floculação da matéria dissolvida e em suspensão, que após sedimenta; Tratamento terciário: cloração.

Vale ressaltar, que o reuso de águas nas indústrias contribui para diminuir o uso da água potável, minimizando os custos de produção, além de evitar contaminações de solos e recursos hídricos pelo lançamento de efluentes com níveis de contaminação elevados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kaminsky, Wepl. Enciclopédia para a indústria. *VHC Verlags Publishes Inc*, 1992.
2. Macêdo, Jorge Antônio Barros de. Águas e Águas - Belo Horizonte – MG: CRQ – MG, 2007.
3. Santos Filho, Davino F. dos. Tecnologias de Tratamento de Água. Editora Nobel – 1990.
4. Macêdo, Jorge Antônio Barros de. Métodos Laboratoriais de análises Físico-Químicas e Microbiológicas. 3º. Ed. Belo Horizonte-MG: CRQ-MG, 2005. 601p.: il.
5. NBR 9898. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. *ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Junho de 1987.
6. Bordonalli, Angela Cristina Orsi & Mendes, Carlos Gomes da Nave. Reuso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD. *Eng Sanit Ambient*. v.14 n.2 - abr/jun 2009; 235-244.
7. Viveiros, Lígia Silva. Tratamento Físico-Químico de Efluente de uma Usina de Reciclagem de Plástico de Campo Grande-MS. (*Dissertação de Mestrado*), Campo Grande – MS, 2008.
8. RESOLUÇÃO N. 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. *Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA*.
9. RESOLUÇÃO No 397, DE 03 DE ABRIL DE 2008. *Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA*.
10. RESOLUÇÃO CONSEMA N. 128/2006. *Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONAMA*.