

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
PÓS GRADUAÇÃO DE SAÚDE PÚBLICA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ESTUDO DE TRATABILIDADE FÍSICO -QUÍMICA
COM USO DE TANINOS VEGETAIS EM
ÁGUA DE ABASTECIMENTO E DE ESGOTO

Mestranda: Telma Salesa Santana da Silva

Orientador: Dr. Teófilo Carlos do Nascimento Monteiro

1999

ÍNDICE

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	08
CAPÍTULO II REVISÃO DE LITERATURA	13
II - 1 Histórico	13
II - 2 Agentes coagulantes e floculantes utilizados	16
II - 2 - 1 Taninos Vegetais como coagulantes	16
II - 2 - 2 Sulfato de Alumínio	29
II - 2 - 3 Sulfato de Alumínio com Taninos Vegetais como polieletrólitos	30
II - 3 Coagulantes Químicos	31
II - 4 Coagulação e Floculação	32
II - 4 - 1 Processo de coagulação no tratamento de água	33
II - 4 - 2 Histórico	33
II - 4 - 3 Fatores que influem a interação tanino-proteína	38
II - 4 - 4 Correlação entre potencial zeta e estabilidade de colóides	38
CAPÍTULO III – OBJETIVOS	42
III - 1 Objetivos Gerais	42
III - 2 Objetivos Específicos	44
CAPÍTULO IV – METODOLOGIA	46
IV - 1 Procedimento dos Ensaios	47
IV - 2 Testes Utilizados e os Valores Admissíveis	48

CAPÍTULO – V RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
V - 1 AMOSTRAS GUANDU	54
V - 2 AMOSTRAS DA FIOCRUZ	63
CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO	74
GUANDU	76
Resultados - Ótimos	76
Eficiência (%) do Tanino	77
ESGOTO DA FIOCRUZ	78
Resultados - Ótimos	78
Eficiência (%) do Tanino	80
RESUMO FINAL	81
CAPÍTULO IX – BIBLIOGRAFIA	82

ÍNDICE DE SIMBOLOGIA

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.....ABES

Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	DBO
Demanda Química de Oxigênio.....	DQO
Escola Nacional de Saúde Pública.....	ENSP
Estação de Tratamento de Água.....	ETA
Estação de Tratamento de Esgoto.....	ETE
Fundação Oswaldo Cruz.....	Fiocruz
Fundação de Serviço Especial de Saúde Pública.....	SESP
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.....	IBGE
Organização Mundial de Saúde.....	OMS
Organização Panamericana de Saúde.....	OPAS
Peso Molecular.....	PM

Agradecimentos

Ao Deus Eterno à quem dedico toda minha gratidão.

Aos meus pais Gerson Luiz (in memorium) e Aurora que tanto se dedicaram, por mim.

Ao meu irmão Robério por toda paciência e dedicação, aos meus irmãos Tânia e Rogério pelo incentivo e compreensão.

As minhas cunhadas, tios e primos Rosilene, Rita, José Irineu, Suzete e Josete pelo incentivo; como também aos meus sobrinhos Eduardo, Leandro, Rafael e Gerson pelo carinho e alegria que me transmitiram.

Ao professor Breno Marcondes Silva (in memorium), Rosália e Dalton a quem agradeço toda confiança e amizade.

Ao meu orientador Teófilo Monteiro pela brilhante condução, que deu a minha tese.

Aos meus professores Cynamon, Teófilo, Odir, Ogenis, Maria José, Simone, Jorge, Rosália e Paulo, pela ajuda que me prestaram.

Aos profissionais Carlos, Getúlio, Márcio, Rosane, Sandra, Jorge e Jeferson do laboratório que tanto me ajudaram e fortaleceram nos momentos difíceis. Aos meus colegas de turma, da secretaria e da Fundação em geral.

Ao CNPQ, TANAC e SETA pelas colaborações prestadas.

À todos os meus amigos e parentes, que acreditaram e confiaram na concretização do meu trabalho.

E em especial, as comunidades e povos sofridos e carentes do meu País e do mundo, que foram a inspiração para realização desta pesquisa. Muito obrigada.

ABSTRACT

This work is a study of the use of vegetable tannin isolatedly as coagulant, flocculant and/or as a complement polieletrolits, in water and sewage treatment, as well.

Tannin is a natural product present in vegetables, in great quantities. Tested in Guandu's water supply treatment and in FIOCRUZ sewage, our analysis showed it

can be used in domestic and industrial effluents, being a more economic alternative with low levels of toxicity, and also, easy to handle, aiding infectious contagious diseases reduction in poor countries.

Each vegetal tannin has different characteristics and different origins, concerning the kind of trees in which it is found and depending also on the way it is extracted: whether hydrolizable, condensed, complex or floratanin. Through our analysis, we have concluded its efficiency in turbidity, color, COD and BOD.

Our choice was on metals precipitation, having the chelate the property of gathering them due to its reaction, what transforms it into a coagulant and/or polyelectrolytes.

Our research was done through a series of surveys using the jar test, where we found the optimal pH and better clarification of dosage with more uniform, well distributed and resistant flocs, through which the ideal flocculation took place, leading to its cost and execution treatable feasibility, enhancing communities and less favoured countries quality of life.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o estudo da utilização de taninos vegetais isoladamente, como coagulante, floculante e/ou complemento como polieletrólitos, em tratamento de água e esgoto.

O tanino apesar de natural, é um produto polihidroxifenólico, existente em grande quantidade nos vegetais podendo ser utilizada como floculante, para tratamento de água de abastecimento e esgoto deixando os seus parâmetros

dentro dos padrões da FEEMA, existindo assim um controle maior do índice das doenças transmissíveis por veiculação hídrica e por metais. A qualidade do tanino dependerá das características de cada tanino vegetal, que vai variar de acordo com a origem, classificação, maneira de extração e tipo: hidrolizável, condensado, complexo ou florotanino.

As nossas análises foram testadas com amostras da água de abastecimento do Guandu e esgoto da Fiocruz, com o objetivo de desenvolver uma alternativa de fácil manuseio, mais econômica, com menor índice de toxidez comparado com o sulfato de alumínio. Através dessas análises, concluímos sua eficiência na redução da turbidez, cor, DQO e DBO.

Os testes realizados em nossa pesquisa para tratamento de água e esgoto foram feitos com taninos extraídos da mimosa em contracorrente por autoclaves com a utilização da água como solvente e Na_2SO_3 , precipitando os metais da solução, devido suas características de quelato, que é um composto orgânico natural ou sintético que tem a propriedade de formar complexos solúveis com cálcio, magnésio, ferro e todos os tipos de metais, pela reação com estes tornam-se, coagulante e/ou polieletrólito.

A pesquisa foi realizada por várias baterias, com diversas amostras no teste do jarro, simulador de tratamento de água. Foi selecionado como parâmetros de estudos o pH, a dosagem ótima de coagulantes para melhor floculação e clarificação comparados principalmente aos coagulantes comuns utilizados em estações de tratamento de água e esgotos levando em consideração a viabilidade de utilização em relação ao seu custo e aplicabilidade na prática.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

As substâncias tanantes obtidas de vegetais, cujas propriedades características consistem em se combinarem com as proteínas da pele dos animais, tornando-as imputrescíveis; em adsorverem os metais dissolvidos em água, pela sua coloração e viscosidade. Devido a estas propriedades, o tanino pode ser então empregado com sucesso nas indústrias de curtimento, anticorrosivos, floculantes, bebidas e plásticos, etc.(MARTINEZ, 1996; DUTRA, 1997;ETHERINGTON,1997).

O Brasil sendo o país com maior concentração de árvores tanantes do mundo, deveria possuir mais indústrias exploradoras dessa substância, para utilização no tratamento de água de abastecimento e esgoto para uma melhor floculação e clarificação, que é o nosso objetivo.

O tanino forma sais complexos com todos os metais; tendo assim a propriedade de um polímero, posteriormente um floculante. A obtenção de polímeros adequados para uso em tratamento de água e esgoto necessita de características como: solubilidade em água, propriedades eletrolíticas e peso molecular adequado. (MARTINEZ, 1996; DUTRA, 1997;ETHERINGTON,1997)

Os extratos de tanino procedem quase que somente de cascas, que é adquirido na natureza ou sob a forma aquosa levado ao estado seco.

O tanino pode ser encontrado abundantemente em várias partes das árvores como: raízes, galhos, folhas, flores, frutos e sementes. Ele constitui-se de carboidrato simples, goma hidroxidoloidais, fenóis e aminoácidos. (MARTINEZ,1996; DUTRA,1997;ETHERINGTON,1997)

O estudo do tanino vem se desenvolvendo gradativamente e a cada momento, mostra suas utilizações e complexidades, devido aos inúmeros polímeros constituídos de diversas estruturas vegetais existentes em nossa flora.

Atualmente os taninos são classificados como hidrolizáveis com a formação de dímeros, trímeros e constituindo ligações C – O, devido sua estrutura nuclear de glicose e ácido gálico (tanino de fácil decomposição); taninos condensados de estrutura flavonóidica, que através da sua condensação formam proantocianidinas (polímeros do tanino). Pela polimeria de iguais números atômicos e massa e, leis de desintegração diferente dos corpos formados pela reunião de muitas moléculas numa só transformação de um corpo químico em polímero; os taninos complexos são encontrados tanto nos hidrolizáveis como nos condensados e os florobotaninos são encontrados nos pequenos vegetais (MARTINEZ, 1996; DUTRA,1996).

Alguns países sul americano como Paraguai e Argentina investiram internamente na exploração dos extratos tânicos, onde cresceram economicamente alcançando uma melhor colocação nos mercados da Europa e

da América do Norte, com quebracho e acácia devido a indústria de curtume na década de trinta. (SOLENO ANGELO,1932)

Assim, como já são conhecidas as ações antitumorais e anticarcinogênica, taninos tem efeitos inibidores de tumores, pela formação de radicais livres estáveis, inibem a peroxidação de lípidios e outras substâncias. São usados como agentes antimicrobianos em geral (fungicidas e antibacterianos), como antitermitas, como reguladores de crescimento e germinação de plantas e funções relacionadas a estas. (ANGELO,1932; DUTRA,1997)

A sociedade em geral, e em particular, as mais carentes, procuram ainda, novas alternativas para o tratamento de água e esgoto para sanear o meio de forma mais eficiente, econômica e de fácil manuseio.

Outro campo de atuação não só do Fe, mas também de outros cátions, está nas adsorções atribuídas a polifenóis, algumas vezes ligadas a fenômenos de precipitação. Extratos de acácia negra são conhecidos por adsorverem Cr (Cromo), Cd⁺ (cádmio), Cu (Cobre) e Fe⁺ (Ferro) entre outros metais. (MARTINEZ, 1996; DUTRA,1996).

Segundo MARTINEZ,1996, os grupos condensados unem-se mais aos cátions metálicos, como ions férricos, formando quelatos, que se caracterizam pela sua estabilidade, propriedades redutoras e que seus extratos possuem caráter ácido, o que permite a diluição do metal existente nas camadas de óxidos superficiais, para a formação dos quelatos.

O conceito mais moderno, propõe algo abrangente: fenóis poliméricos de plantas (ligninas e taninos condensados) são atacados oxidativamente por microorganismos, indo a compostos fenólicos, ácidos fenólicos e flavonóides, que são convertidos a quinonas. As quinonas polimerizam formando compostos húmicos. Esta teoria é reforçada pela presença de unidades floroglucinol, que não são encontradas em lignina, e sim fazendo parte de taninos condensados, em húmus.

Suspeita-se ainda a incorporação de outros fenóis provenientes de síntese microbiana a partir de carboidratos simples.(DUTRA,1997, MARTINEZ,1996)

Encontramos alguns trabalhos de tratamento de água e efluentes industriais com a utilização de taninos vegetais.

O trabalho realizado em Havana demonstra resultados analíticos, na utilização de resinas sintetizadas, a partir de um resíduo da indústria da madeira, para adsorver diferentes ions metálicos tóxicos das águas (MARTINEZ,1996).

As cascas das espécies florestais cubanas, foram utilizadas como matéria prima para síntese dos solventes. Estuda-se as condições de adsorção de mercúrio (Hg), urânio (U), cádmio (Cd) e cromo (Cr) nas resinas de taninos condensados usando diferentes processos. (MARTINEZ,1996).

O melhor resultado se obteve na clarificação da água de abastecimento do Guandu, e do esgoto da Fiocruz e apresentou viabilidade dos custos da aplicações dos taninos vegetais como coagulante ou polieletrólito, em sua tratabilidade físico-química: coagulação, floculação e sedimentação. No estudo aprofundaremos mais neste campo, para que se tenha um método de um melhor controle de qualidade e quantidade de águas de abastecimento público e tratamento de esgoto. Para que o abastecimento de água possa atingir a todas camadas sociais.

O Sistema Guandu é formado pelos rios Ribeirão das Lajes (Piraí e Paraíba do Sul) e Santana, abastecendo oito municípios do Rio de Janeiro e Baixada Fluminense. A barragem flutuante, na entrada das estruturas de captação de água bruta, está localizada antes da captação da água e sua finalidade é reter detritos flutuantes e plantas aquáticas existentes nas águas de superfície do rio.(CEDAE,1997).

Existem na Fiocruz, unidades de laboratório, que vão desde os mais complexos até mais específicos onde são usados produtos químicos, biológicos e organismos vivos e que são, lançados nos efluentes dos esgotos, como os institutos biomédicos, laboratório de análises clínicas, e que ocorre pesquisas biológicas e biomédicas, os biotérios, os laboratórios de produção de vacinas e produtos farmacológicos, além de outros que concentram todos estes produtos, em um só efluente final.(ENSP,1985).

Foram também utilizados dados de pesquisas bibliográficas (jornais, livros e artigos), análises experimentais com o jarro teste, turbidímetro, disco de cor, potenciômetro, Cone de Imhoff, DQO E DBO. Analisadas primeiramente as amostras brutas, as tratadas; e posteriormente comparada a eficiência de cada

parâmetro analisado com as dosagens de tanino, sulfato, carbonato de sódio, acidez e alcalinidade pelo valor do pH, cor, turbidez, volume do lodo, DQO e DBO; tempo de formação e decantação dos flocos e seu tamanho.

Os pontos de coleta se encontram no Rio Guandu, na própria zona de captação, a 500m da tomada d' água e um ponto que não faz parte da água de abastecimento próximo a ponte Victor Konder.

As análises foram realizadas no laboratório da Fiocruz, onde utilizamos o Jarro Teste nas análises de floculação, Cone de Imhoff para determinação do volume de lodo, turbidímetro no teste de turbidez, Colorímetro para determinação da cor, Potenciômetro para pH, Aparelho de Aquecimento para DQO e posteriormente com o seu valor calculamos sua DBO além do uso de vidrarias e reagentes.

Foram coletadas seis amostras do Guandu e cinco da Fiocruz; no total de dezessete baterias e realizamos os cálculos de custo para possível viabilidade em seu uso.

As análises de laboratório elaboradas permitiram a avaliação dos testes de águas de abastecimento e esgoto. Com a utilização de taninos vegetais, como coagulante e floculante .

Os ensaios foram realizados com o auxílio do teste dos jarros, simularam as operações de coagulação, floculação e flotação; pois o gradiente da velocidade influencia o tamanho dos flocos, devido a intensidade da agitação.

Outras variáveis também foram avaliadas de acordo, com a formações dos flocos, tempo de residência, dosagens dos coagulantes e alcalinizantese, pH, cor, turbidez e volume do lodo.

A técnica utilizada nos permitiu avaliarmos um controle adequado e desempenho tanto técnico e econômico no tratamento d'água e esgoto.

O conceito de melhor floculação foi estabelecido como sendo, correspondente a formação de um floco estável, denso, dimensões viáveis para decantação e visibilidade através d'água. Nos levando a escolher através desses parâmetros a dosagem mais econômica, corresponde à quantidade de produtos químicos adicionados e à zona de pH mais favorável, quando alcançamos os efeitos desejados.

O objetivo do tratamento é a sua potabilização ou seja o seu enquadramento de suas características dentro dos padrões das normas em vigor.

CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA

II-1 Histórico

De acordo com SCHNIFF,1996, as culturas milenares da China, Índia, Mesopotâmia, Egito, Roma e povos das culturas americanas são exemplos clássicos das grandes civilizações que nasceram às margens dos grandes cursos de água. Estes corpos d'água formam a base primária necessária para vida e agricultura.

São conhecidos importantes aquedutos romanos, cujos vestígios nos permitem apreciar uma concepção técnica e urbanística muito desenvolvida. Entretanto, a necessidade de estabelecer núcleos urbanos em zonas estratégicas e afetada pelo seu crescimento, além de outros fatores externos, com o tempo, fizeram cair a qualidade da água disponível, e por conseguinte, tornou-se ponto decisivo para a busca de fontes mais adequadas a distância.

Segundo LEME,1984, à medida que as aglomerações humanas foram tornando-se mais densas com a formação das cidades, a necessidade de grandes volumes de água passou a constituir um problema que obrigou os antigos a executarem grandes obras destinadas a captação, transporte e armazenamento deste líquido.

Destas obras destacam-se os antigos tanques de Aden na Arábia (600 anos depois de Cristo). Porém, foram os romanos que possuíram o sistema de abastecimento mais completo. Após a poluição terem poluído do rio Tigre os romanos, ampliaram o seu sistema de abastecimento, construindo aquedutos que traziam água de pontos distantes da cidade, até hoje existentes. Estes aquedutos eram dotados de pequenos tanques constituídos de areia e cascalho, onde partículas mais pesadas se depositavam no fundo e a água tratada era conduzida para cisternas, fontes públicas e algumas residências particulares.

Assim, a captação, o transporte e o armazenamento da água surgiram pelo aumento do consumo e desenvolvimento da comunidade.

No século XII , países como a França , tiveram baixo índice sanitário, em virtude do baixo consumo de água per capita. O abastecimento em Londres, inicialmente foi feito com água de fontes conduzida por conduto de chumbo e alvenaria mas só em 1582 foi utilizada a água do rio Tamisa, graças a primeira bomba na ponte de Londres e do transporte da água bombeada, através de tubulação para cidade.

Com a invenção da máquina a vapor foi possível o emprego de bombeamento com capacidade e potência adequadas. Mas só no século XIX se desenvolveu o sistema de abastecimento, com a fabricação de tubos de ferro capazes de suportar maiores pressões de acordo também com a sua topografia e geologia locais.

Nos Estados Unidos, em virtude da poluição e contaminação das águas captadas para abastecimento público, houve progressos e desenvolvimentos científicos no campo do tratamento de águas a fim de torná-las próprias para consumo humano. Assim sendo, em 1832, foi construída a primeira estação de tratamento de água que mesmo tendo resultados poucos satisfatórios serviu de

base para outros projetos sendo que em 1858, já se abastecia cidades americanas com água tratada. (BABBITT,1967; SESAN, 1996).

O tratamento de água contribui significativamente no controle das doenças de veiculação hídrica (HELLER, 1997). Neste sentido os países desenvolvidos apresentam indicadores de saúde que demonstram o controle dessas doenças por ações de saúde pública e saneamento. Nos países em desenvolvimento ainda persistem índices que deixam claro a baixa qualidade de infra-estrutura sanitária. Em busca da diminuição da defasagem histórica entre desenvolvidos/em desenvolvimentos, no campo do tratamento d'água vem sendo estudados novas técnicas de purificação principalmente com a utilização de novos floculadores, decantadores e filtros que dependem de novos coagulantes químicos, (LEME,1984; MONTEIRO, 1997).

Por este aspecto o incentivo ao elaborar este trabalho, foi exatamente contribuir para viabilizar a melhoria da qualidade e quantidade de água para abastecimento público e como consequência estabelecer melhores dados de indicadores de saúde por doenças de veiculação hídrica, já que segundo dados publicados por CYNAMON, 1986; HELLER, 1996; IBGE,1993, demonstram claramente as dificuldades da qualidade e quantidade da água para o abastecimento das populações

A quantidade é o fruto da fonte de abastecimento e das propriedades inerentes a qualidade física, química e biológica. Neste sentido necessita-se tratar a água de forma a adequá-la aos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde (Portaria 36/GM, 1991). Por esta vertente os principais agentes biológicos capazes de produzirem doenças de veiculação hídrica pelo meio água, são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitas, conforme pode-se verificar na tabela 1, onde estão relacionadas as principais doenças e os agentes etiológicos.

Tabela 1 - Principais agentes biológicos capazes de produzirem doenças de veiculação hídrica.

TABELA 1

DOENÇAS	AGENTE CAUSADOR
---------	-----------------

Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Disenteria bacilar	<i>Shiggella</i>
Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>
Febre paratífóide	<i>Salmonella paratyphi A, B e C</i>
Gastroenterite	Outros tipos de <i>Salmonella</i> , <i>Shiggella</i> , <i>Proteus</i> . Etc
Diarréia infantil	Tipos enteropatogênicos de <i>Escherichia coli</i>
Leptospirose	Leptospirose sp.

Fonte: Adaptação do livro "Riesgos del Ambiente humano para la Salud", O.M.S. Publicación científica n.º 329.1976

Quanto a metais tóxicos a ingestão através da água pode ser mais séria do que problemas com substâncias orgânicas, pois não são degradados por processos naturais.

A grande vantagem dos taninos vegetais é possuir a propriedade de adsorver metais dissolvidos em água, aglutinando-os por precipitação no meio; além disso podem eliminar ou diminuir a toxidez existente na água oriundos de fontes como cianofícias ou bactérias clorofiladas por exemplo.

O maior contato humano com substâncias metálicas é devido ao desenvolvimento da civilização. A metalurgia acompanhou mais tarde o surgimento de culturas ao redor dos rios Tigres e Eufrates, por volta de 6000 a.C. O ouro e a prata foram descobertos em Ur, na Babilônia e sua exploração começou por volta de 3500 a.C. Já os egípcios trabalharam com estes metais mais tarde, em 3400 a.C.

Os metais com aumento de seu uso e produção se tornaram neurotóxicos importantes.

Estes efeitos tóxicos têm sido conhecidos há séculos. Em 1473, Ulrich Ellenbog escreveu um tratado em que afirmou que todas as indústrias seriam chamadas de toxicológicas e detalhou alguns efeitos ocupacionais dos metais em relação ao sistema nervoso central.

“Os metais podem causar perigo ao sistema nervoso central e em outras partes do sistema”, (ELLENBOG, 1473; FERREIRA, 1995, FIEKJA, 1996).

II.2 Agentes coagulantes e floculantes utilizados :

II.2.1 Taninos vegetais como coagulante.

Existem diversos trabalhos já elaborados, sobre a utilização de taninos vegetais: A origem dos taninos (SOLENO,1932); Avaliação do potencial actinomicetos no trabalho de efluentes de indústrias que processam madeira (DUTRA,197); Resinas de taninos vegetais para a remoção de metais (MARTINEZ); Função e desempenho dos taninos (MARTINEZ,1996) e Comparação da eficiência entre os floculantes tanífero e sulfato de alumínio, em água de abastecimento da Siiderúrgica Rio Grandense S.A.(LUÍS LAMB,1996).

a) Definição

A palavra “tanino ” é um termo técnico que não constitui uma expressão química específica, pertencendo ao grupo de compostos polihidroxidofenólicos diferentes, que se encontram misturados, constituídos por polifenóis simples, carboidratos, aminoácidos e gomas hidroxidolodais e que têm a propriedade de transformar a pele de animais em couro, produção de plásticos, anticorrosivos, cola, floculante, etc. São encontrados em árvores de grande e pequeno porte.

A madeira é constituída de dois grandes grupos: O que forma a parte da estrutura celular e a dos materiais extraíveis. Os mais importantes dos quais são os açúcares simples, os polifenóis, os ácidos graxos e inorgânicos, onde estão presentes o cálcio, potássio, magnésio, sulfatos, fosfatos, carbonatos e silicatos entre outros ions.

Deste grupo de substâncias extraíveis são os polifenóis o subgrupo mais importante e numeroso. Os polifenóis se dividem em taninos, ligninas e polifenóis simples (polifenóis menores, flavonóides e outros)

O polímero extraído da madeira são derivados da lignina e taninos condensados, que se obtém pela destilação seca ou pirólise (decomposição química dos materiais orgânicos por calor, em baixa pressão, com pouco oxigênio, formando compostos orgânicos principalmente aromáticos), gás metano e óxido de carbono; e águas amoniacais. (MARTINEZ,1996 e FELTRE, 1996)

As paredes das células são compostas por lignina e polissacáridos, entre estes se encontra em maior proporção a celulose e hemiceluloses. A celulose é o composto orgânico mais abundante sobre a terra, sendo que as coníferas têm cerca de 45% deste, 30% de hemiceluloses e 30% de lignina (substância química que impregna os elementos da madeira e lhe dá a sua consistência).

A indústria moderna utiliza os taninos vegetais na curtição de peles há mais de trinta anos. E a cada dia é descoberta mais uma utilidade, como é o caso dos floculantes, para tratamento de água e esgoto. (MARTINEZ, 1996; PELLINI, 1995)

b) Classificação dos Taninos

os taninos oriundos da ação de insetos (himenópteros do gênero *Cynips galleae*) que atacam castanáceas (*quercus*) são chamados de **taninos patológicos**. Os que procedem de cascas, frutos e lenho das espécies vegetais são chamados de **fisiológicos**. Pode-se classificar também pela reação com sais de ferro que desenvolvem a cor preta com tonalidades azuladas ou preta com tonalidades esverdeadas estabelecendo a porcentagem de **carbono em 52%** para o primeiro e **60%** para o segundo. Outra maneira de classificação utiliza as propriedades de hidrólises ou decomposição, que podem ser agrupadas para **pirológicos e catéquicos**.

As soluções de taninos são precipitáveis em reação com íons metálicos; por exemplo com os íons de alumínio e ferro desenvolvem flocos de cor preta levemente azuladas ou esverdeadas; na presença de cálcio, bário, zinco, antimônio e estanho, flocos predominantemente branco; e com sais de chumbo, mercúrio, cobalto e bismuto flocos de cor amarelo Se houver no meio a presença de urânio flocos de cor roxo esverdeado e com a platina verde "sombra". (SOLENO, 1932).

c) Principais Tipos de Taninos

Taninos Hidrolizáveis

Possuem uma estrutura de poliéster que se hidrolizam com facilidade.

Galotaninos – apresentam como núcleo a glicose;

Elagitaninos – igual ao grupo dos galotaninos só que se forma com mais um grupo hexahidroxifenol (ácido gálico) e glicose.

Oligoméricos complexos – estes se classificam segundo a estrutura e o modo de condensação entre os monômeros (85% dímeros e 10% trímeros). (MARTINEZ, 1996;DUTRA,1997; e SOLENO, 1932)

Taninos condensados

São constituídos por unidades flavonóides, com diferentes graus de condensação:

Os condensados que possuem ligações C – C, mais dificilmente rompidas. Pela diferente natureza das unidades constituídas e dos tipos de ligações formadas entre monômeros, tratam-se de substâncias quimicamente diferentes, onde o proantocianidinas contém grupos floroglucínolicos (taninos de pinhos) e resorcinólicos (mimosa e quebracho). (MARTINEZ, 1996 e DUTRA, 1997)

Taninos complexos

Contém os grupos hidrolizáveis e condensados. Neste grupo se encontram taninos condensados e das unidades flavonóides.

Florotaninos

Uma quarta classe de taninos encontrada porém entre os vegetais inferiores são os florotaninos, formados exclusivamente de unidades floroglocinol ligadas por C – C ou C – O, por elemento oxidativo encontrados até em oito unidades. (MARTINEZ,1996 e DUTRA, 1997)

d) Avaliação de Toxidez

Os ensaios oficiais feitos para avaliação de toxidez de biopolímeros como o tanino variam em função dos seres vivos e da característica que queira avaliar.

As faixas de concentração inibidora são variáveis para espécies de microrganismos diferentes (faixa de 0,25 a 0,10 g/l) e peixes utilizados para testes oficiais de toxidez (faixa de 0,025 a 0,1 g/l) (DUTRA ,1997).

O tanino condensado é o mais utilizado como floculante por ser mais viscoso que o hidrolizável. Existindo toxidez, será necessário acréscimo de poliamidas ou proteínas em sua estrutura. Pois nos hidrolizáveis já existe uma maior concentração de glicose em sua estrutura nuclear obtendo assim, uma menor toxidez. Porém quando utilizado para tratameto de águas para atastecimento ou tratamento de esgotos a concentração utilizada como coagulante está abaixo das concentrações suficientes para intoxicar o meio, já que, uma super dosagem não necessariamente acarretará a floculação ideal. Por outro lado os taninos condensados são agentes antimicrobianos (fungicidas, algicidas e antibacterianos), por serem reguladores de crescimento e germinação de plantas e funções correlacionadas a estas.

No trabalho sobre resinas de taninos vegetais para remoção de metais foram obtidos e avaliados resultados, para estudo das propriedades adsorvidas das resinas sintetizadas mediante a estabilidade de taninos vegetais de espécies vegetais que crescem em Cuba: *Eucaliptus Saligna Sm y Latisliqua*. Os elementos estudados foram urânio, cádmio, mercúrio e cromo. (MARTINEZ , 1996)

e) Influência dos metais

A maioria dos estudos sobre resinas de taninos vegetais encontram-se em cuba. Notadamente os resultadosdos estão baseados em espécies vegetais que são encontrados naquele país. Muitas informações podem ser obtidas com relação aos produtos complexantes embora tenham sido pesquisados originalmente para retirada do meio água metais como urânio, cádmio, mercúrio e cromo. (MARTINEZ 1996).

Há alguns efeitos importantes a serem observados em soluções de polifenóis quando há presença de íons metálicos em suas soluções. Taninos complexam cátions (Fe^{2+} , Fe^{3+}) por grupos hidroxila nas reações com fenós catalisadas por

metais (DUTRA, 1997 e MARTINEZ, 1996). Esta importante propriedade de formar sais complexos com metais normalmente encontrados na água como o Fe, resulta o seu emprego como polietrólito natural, que pode ser encontrado no Brasil para serem utilizados tanto em meio ácido (bisquetato - pinho) e em condições alcalinas (trisquelato - mimosa).

O principal mecanismo de ação dos taninos é a formação de quelatos. A sua principal característica de reatividade é dada pela presença de ferro na constituição do polieletrólito que age como transportador de elétrons formando as pontes necessárias para oxidação de outros metais. Devido ao fato, o tanino extraído do quebracho foi bastante utilizado para inibir corrosão em caldeiras por depósito de metais em meio alcalino (NEVES, 1986 E LAMB, 1996).

f) Métodos de Extração

Métodos de Extração no Laboratório.

As primeiras informações de extração de taninos possíveis de serem empregados economicamente, encontram-se em alguns livros de química e bioquímica utilizando de métodos de extração de produtos tais como proteínas, amido ácidos, açúcares e etc. Portanto os métodos de extração são a base de precipitação das proteínas propriamente ditam precipitação com sais metálicos (formação de tanatos de chumbo por exemplo, denominados em química como de Haglund e Elda) e pela redução dos taninos por método denominado de Lowental, onde a oxidação dos polifenóis é realizada pelo oxidante $KmnO_4$ em solução ácida diluída.

Método de Extração nas Indústrias

As grandes indústrias trabalham geralmente por percolação, em baterias de grandes autoclaves construídas de cobre ou aço inoxidável cilíndricas, com uma altura duas vezes maior que o diâmetro. Funcionam de forma descontínua a contracorrente e se conectam em série de 6 a 12 difusores para formar baterias.

O objetivo final da reação é obter um produto em estado coloidal contendo uma concentração elevada de taninos, havendo ainda, presença de polissacarídeos e gomas hidroxido coloidais nos extratos.

No caso presente do trabalho o produto utilizado foi obtido à partir da extração de Na_2SO_3 a 2% e em água quente, extrato natural.

g) Principais Plantas Taníferas Brasileiras (USP, 1954; FORMAGGIA, 1996; LAURENZE,1998)

Apesar de países como Cuba e outros países da América do Sul evoluídos nos extratos de taninos vegetais para utilização em retirada de metais no meio água e portanto no tratamento de água para fins potáveis, podemos enumerar as principais plantas encontradas no território brasileiro que podem ser utilizadas com estes objetivos.

Acácia Negra ou Mimosa (*Acacia Mearnsii*):

Original da Austrália, é uma leguminosa encontrada no estado Rio Grande do Sul altamente disseminada (em 1949 existia 70 milhões de pés)



Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) :

É uma árvore leguminosa de casca espessa, importante fonte de tanino encontrada predominantemente no cerrado central.

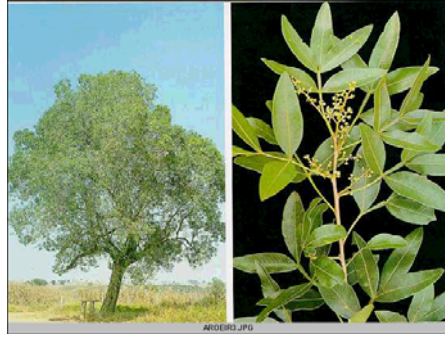


Angico (*Anadenanthera Macrocarpa*) :

É uma leguminosa-mimosoideae encontrado na maior parte do território brasileiro florestado em estado espontâneo. Por enquanto o único estado que o industrializa é o Paraná.



Aroeira (*Lithraea molleoides*):



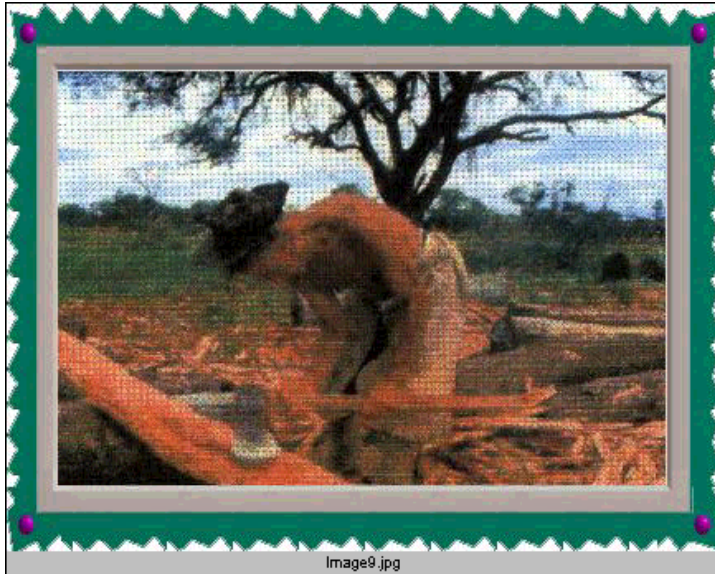
É uma anacardiaceae encontrado no Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais até o sul do Brasil.

Mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) :



É uma rizorforácea encontrando-se em todo litoral da América do Sul e Central. Muito utilizado no Nordeste brasileiro como corante para rêsdes. O teor de tanino varia até 40%.

Quebracho (*Schinopsis Lorentzii*) :



É uma anarcadiáea encontrada em terras entre o Paraguai, Argentina e Brasil.

Goiabeira (*Psidium guayava* Raddi):



É uma myrtaceae encontra-se nas Américas e Índias Orientais.

Bananeira (planta e fruto) :

Encontra-se nos países tropicais, com de dois a três metros de comprimento.



Jatobá da mata (*Hymenaea stilbocarpa*) :



É uma leguminosae-caesalpinoideae encontra-se no Piauí, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo, no cerrado (Brasil Central).

Murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich):

É uma malpighiaceae muito difundida nos cerrados e nordeste



Mangue-branco (*Laguncularia Racemosa* Gaertn):



Todo litoral dos mangues brasileiro.

Monjoleiro (*Acacia polyphylla*) :



É uma leguminosae-mimosoideae encontra-se na região amazônica até o Paraná.

Castanheira e carvalho (*Bertholletia Excelsa*)



É uma castanácea encontra-se em toda região amazônica e central.

Pinheiro e Eucalyptus (*Araucária angustifolia*) :



É uma Araucariaceae encontra-se em altas altitudes nos estados Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

Achuá (*Saccoglottis guianensis Benth*) Cajuaçu e Tachi-preto-da-mata (*Tachigalia myrmecophilia Ducke*) Floribundum Benth, Barbatimão-de-folha-miúda (*Dimorphandra mollis Benth*): Amazônia e Sul da Bahia e savanas centrais.

Em resumo podemos observar a importância dos taninos para várias utilizações em áreas da engenharia sanitária e ambiental. Ao mesmo tempo verifica-se que o Brasil é bastante fértil em fontes vegetais de taninos encontrados distribuído por todo território nacional. Apesar da grande devastação da mata atlântica, existe uma reserva poderosa de árvores que podem participar de um processo de reflorestamento somente não somente com objetivos ambientais mas também com o desenvolvimento de regiões de forma sustentável.

h) Tanino Vegetal Utilizado na pesquisa.

Polímero orgânico, catiônico de baixo peso molecular, de origem essencialmente vegetal, que atua como coagulante, floculante e auxiliar de coagulação no tratamento de águas em geral, atuando conforme testes preliminares de jarro teste.

Características do tanino utilizado é de pH 2,5.

O tanino atua em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este processo responsável pela formação de flocos e consequente sedimentação. O tanino não altera o pH da água tratada, por não consumir alcalinidade do meio, ao mesmo tempo que é efetivo em uma faixa de pH's de 4,5 – 8,0.

O tanino pode ser aplicado diretamente ou sob a forma de uma solução diluída, sozinho ou em combinação com outros agentes como sulfato de alumínio, cloreto férrico, etc em efluentes de metalurgia, papel, papelão, curtumes;

indústrias alimentícias e químicas em tratamento primário e secundário; efluentes petroquímicos, no tratamento secundários de sistemas integrados; indústria cerâmica, na recuperação de esmaltes e separação de argilas, tratamento de água de abastecimento, quer em estações convencionais, quer em compactas.

O cloreto férrico é utilizado junto com a cal como coagulante no sistema de tratamento de esgoto ETE da penha - Rio de Janeiro , na fase de secagem.(MEIRELLES, 1991).

II.2.2 Sulfato de alumínio.

[$Al_2 (SO_4)_3 \cdot H_2O$], denominado alúmem, é provavelmente, a substância química mais amplamente utilizada para coagulação dos suprimentos públicos de água, devido a excelente formação do floco, sua relativa economia e facilidade de manuseio.

A quantidade de sulfato de alumínio necessário para provocar uma coagulação perfeita não pode ser predita teoricamente por análise química ou por outras hipóteses. Usa-se mais as quantidades teóricas, porque parte dos íons de alumínio parecem se combinar diretamente com as impurezas da água (HABBIT, 1964).

O sulfato de alumínio é fácil de transportar e de manejar, seu custo é baixo e é produzido em várias regiões brasileiras. O seu pH utilizado é de 5,0 a 8,0.

Existem outros coagulantes como o sulfato ferroso muito útil para tratar águas que apresentem pH elevado na faixa de 8,5 a 11,0; sulfato férrico conveniente para tratamento de águas altamente coloridas ou ácidas é efetivo na faixa do pH de 5,0 a 11 e cloreto férrico produz bons flocos em amplo intervalo no pH de 5,0 a 11,0.(VIANNA,1997)

Cada coagulante requer um pH adequado, para ser necessário ajustar o parâmetro do componente químico escolhido. Utiliza-se quase sempre hidróxido de cálcio ou carbonato de sódio para aumentar o pH da água e ácido sulfúrico para reduzir.

II.2.3 Sulfato de alumínio com taninos vegetais como polieletrólitos.

Em nosso trabalho fizemos três testes com sulfato e junto com tanino em onde observamos que os parâmetros de cor, turbidez, DQO E DBO sofreram uma redução em 90% com rápida decantação dos flocos, densos, uniformes e pH's 8,3.

A necessidade de sulfato de alumínio ficou reduzida em 95% quando aplicado junto com tanino.

Alumínio

O produto químico mais utilizado como coagulante no tratamento da água é o sulfato de alumínio. É bastante eficiente em relação a redução da cor, turbidez, DQO e DBO, porém sua concentração diminui em 43% pelo próprio alumínio. Enquanto o tanino além de minimizar em 65% os parâmetros mencionados, adsorve os metais como o alumínio, ferro, zinco, etc., eliminando-os do meio diminuindo assim a sua toxidez.

O sal de alumínio era usado durante o Império de Roma e China, para o tratamento de água e, na idade média, junto com mel, para tratamento de úlcera e para outros remédios.

O sulfato de alumínio dependendo da dosagem é tóxico e pode provocar doenças de demência e coordenação motora, devido à deficiência renal em filtrar os metais do sangue que é levado ao cérebro como o Alzheimer, mal de Parkinson e Síndrome de Down.

Os resultados levantados mostram um possível efeito neurotóxico, devido a uma prolongada exposição ao alumínio. (FIEKJA,1995; BESSA,1997)

Além dos agentes das doenças infecto-contagiosas, o alumínio presente na água, é uma das causas da enfermidade de Alzheimer.

Os fatores agravantes são a presença de agentes como vírus, **agentes tóxicos ou ambientais**, metais, campos eletromagnéticos, pancadas na cabeça, operação cirúrgica ou de anestesia e tensão ou estresse emocional, são os agentes causadores das disfunções em todo sistema do organismo e o comportamento mental da pessoa. (ASSOCIAÇÕES DE ALZEHEIMER DE MONTERREY E NORTE AMERICANA).

Para os metais se determina a capacidade de adsorção. Estuda-se sua cinética e a influência de diferentes ions presentes nas águas removendo-os e aglutinando-os. (MARTINEZ, 1996). Os taninos serão utilizados na nossa dissertação por adsorverem metais como o alumínio e o ferro e outras partículas coloidais, das águas de abastecimento e esgoto; produzindo floculantes capazes de precipitar metais presentes em águas residuais.

LUÍS LAMB,1996, elaborou a pesquisa que compara a eficiência entre os floculantes tanífero e Sulfato de Alumínio, em água de abastecimento da Siderúrgica Rio Grandense S.A localizada em Sapucaia do Sul – RS (LUÍS LAMB,1996).

Os parâmetros utilizados na avaliação da eficiência foram ferro, alumínio, zinco, cloreto, dureza e condutibilidade, avaliados diariamente utilizando como equipamento de medição um espectrofotômetro de absorção atômica, condutivímetro e turbidímetro.

Com base nos resultados conclui-se que o floculante a base de tanino foi mais efetivo que o sulfato de alumínio no tratamento d'água bruta, diminuiu os teores de ferro em 90%, alumínio em 65%, zinco em 80% e não alterou teores de cloreto, dureza e condutibilidade. Enquanto o tratamento a base de sulfato de alumínio diminuiu os teores de ferro em 70%, alumínio em 43% e o zinco em 60%. Devido a propriedade do tanino em adsorver sais metálicos, diminuiu a quantidade de partículas tanto dissolvidas como em suspensão em 71% em relação ao sulfato de alumínio, que foi em 29%. (LUÍS LAMB, 1996)

Não encontramos nenhum registro de pesquisa, com o uso de substâncias tânicas em tratamentos de esgotamento sanitário, que colaborasse com este trabalho.

II.3 - Coagulantes Químicos

No tratamento d'água, o termo coagulação é usado para indicar a adição de substâncias químicas solúveis que têm a propriedade de reagirem entre si e com outras substâncias dissolvidas na água a ser tratada, resultando a formação de

flocos gelatinosos, que absorvem as partículas em suspensão que, devido a densidade dos flocos, precipitam em tempo relativamente rápido.

Estas substâncias químicas que promovem a coagulação chamadas coagulantes geralmente, são sais de alumínio e ferro. Em boa parte das estações de tratamento de água e melhorias para tratamento de maiores vazões, vem sendo utilizados polímeros sintetizados como a poliacrilamida à partir de reações polimerização orgânica. (VIANNA, 1997; NETO,1966; SAHLIT, 1990).

Processos convencionais utilizam coagulantes químicos que podem ser classificados como:

Coagulantes ácidos : $Al_2 (SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ - Sulfato de alumínio

$Fe SO_4 \cdot 7H_2O$ - sulfato ferroso

$Fe Cl_3$ - cloreto férrico

$Fe_2 \cdot (SO_4)_3$ - sulfato férrico

Coagulantes básicos : $Na \cdot Al \cdot O_2$ - aluminato de sódio.

II.4 - Coagulação e Floculação

As águas dos mananciais para abastecimento, normalmente possuem cor, turbidez, sólidos dissolvidos em estado coloidal e em suspensão.

O tanino é um polieletrólito que quando combinado com sais metálicos obtém a propriedade de coagulante, desestabilizando os colóides com a destruição da camada de solvatação, diminuiu assim o potencial de cisalhamento, isto é o potencial zeta do processo de coagulação e floculação.

Dessa forma, retira partículas sob as dimensões coloidais e suspensas por sedimentação e filtração, proporcionando uma clarificação e redução de muitos microrganismos capazes de ocasionar doenças que pode ser completado por desinfecção no tratamento final. Coagulação e floculação são dois processos físico-químicos onde são realizadas reações químicas entre partículas coloidais e em suspensão com coagulantes para formação de flocos com massa e peso

suficientes pra serem retirados por um simples processo de separação sólido-líquido, principalmente a decantação de água e a filtração. (ARGAMAN & KAUFMAN, 1996,LIBÂNIO,1996;GENDA 1991).

II.4.1 - Processo de Coagulação no Tratamento de Água

Existem diversos fatores que, influem no desempenho do tratamento d'água como:

- 1) Cor e turbidez da água ;
- 2) pH da água ;
- 3) Temperatura da água;
- 4) viscosidade;
- 5) Grau de agitação;
- 6)Tipo e quantidade de coagulante usado;
- 7) Concentração do coagulante e das substâncias presentes;
- 8) Tempo de mistura e floculação.

II.4.1 Histórico:

O estudo da coagulação é de extrema importância para a escolha do floculante ideal em dosagem econômica e eficaz.

Os chineses e romanos, há centenas de anos, usavam o alúmen para clarificar a água. (SHINIFF, 1996) Porém só em 1884, a primeira patente de coagulação foi concedida a Isaiah Smith Hyatt, que seguindo a sugestão do coronel L. H. Gardner, superintendente da Companhia de Águas de Nova Orleans, combinou com êxito, o uso do percloroeto (cloreto que contém a maior quantidade possível de cloro) de ferro, como coagulante, com o seu sistema de filtração rápida, no tratamento de água turva. Em sua patente ,Hyatt reivindica não somente o uso de percloroeto de ferro, mas o de “qualquer outro agente adequado capaz de coagular as impurezas do líquido e de impedir a passagem das mesmas através da camada filtrante”. Quando, no ano seguinte, a companhia de Águas Somerville & Raritan, de Nova Jersey, adotou o sistema simultâneo de

coagulação e filtração de Hyatt, o uso da coagulação como um processo auxiliar da filtração rápida tinha sido adotada em Somerville já em 1881, mas não há registros do uso de coagulante combinado a esta substância, anteriormente à instalação de 1885.

No mesmo ano em que Somerville iniciou o tratamento combinado da coagulação e filtração, os professores Austen e Wilber, da Universidade Rutgers, publicaram os resultados dos primeiros estudos cientificamente conduzidos, do sulfato de alumínio como coagulante. A seguir, em 1893, estudos da coagulação conjugada com a filtração rápida em areia, foram empreendidos por Edmund B. Weston, em Providence, Rhode Island. E, nos anos de 1895 a 1897, Louisville, Kentucky, George Warren Fuller e seus assistentes realizaram uma série de experiências importantes com as águas turvas do rio Ohio, as quais estabeleceram realmente bases inteiramente científicas para o uso de coagulantes com a filtração através de filtros rápidos de areia.

Foi a partir do início deste século que o conhecimento dos fatores que regem a coagulação foram realmente estabelecidos e difundidos, como resultado do trabalho de um grande número de investigadores independentes. (Harold E. Habbid, 1967)

Não obstante Isaih Hyatt ter usado o percloro de ferro em seu primeiro tratamento pela coagulação, foi o sulfato de alumínio quem nos primeiros tempos dominou o campo dos coagulantes. Contudo, embora desde esse tempo o conhecimento da coagulação tenha aumentado grandemente, poucos coagulantes foram introduzidos na prática. A primeira inovação neste setor ocorreu em 1898, mas foi registrado em 1902 em Quincy pela primeira vez o uso do sulfato ferroso comercial. Dez anos depois E. V. Bull relatou a primeira aplicação do sulfato ferroso clorado, e embora este material não tenha sido novamente usado até 1928, foi considerado útil por Hedgepeth e Olsen na coagulação de uma água altamente colorida. Esta aplicação posterior, serviu para focalizar atenção nos sais férricos, cujo uso está atualmente aumentando. Em 1937, Olin e Peterson relataram experimentos bem sucedidos com argilas de bentonita, Baylis, Graf, Schworm e Hay descreveram o uso da sílica ativada como um auxiliar da coagulação. Finalmente em 1937, Upton e Buswell

apresentaram dados de laboratório acerca de titânios usados como coagulantes. (BABBITI,1967)

Os fatores de estabilização das soluções coloidais são a camada de solvatação e a carga elétrica, como já comentamos no início.

A afinidade que as partículas hidrofílicas possuem pelas águas resulta da presença de certos grupos polares, na superfície das partículas. Esses grupos são solúveis em água e assim atraem firmemente o revestimento de água em volta da partícula, que se chama Camada de Solvatação, conforme demonstrativo nas figuras 1 e 2. Os colóides formados em processos de tratamento de água, podem ser classificados em liofóbicos e liofílicos. Liofóbicos quando há pouca afinidade entre a fase dispersa e o meio, como no caso de metais coloidais ou argilas em água. Quando o meio dispersante é a água, são denominados hidrófobos se tais dispersões forem desidratadas, não se redispersarão espontaneamente na água, tornando-se colóides irreversíveis.

Nos colóides liofílicos, tais como gelatina ou proteína na água, possuem grande afinidade na fase dispersa com o meio. Se o meio dispersante for a água, são chamados hidrófilos. Se tais dispersões forem desidratados, o material original se reverterá e podem ser novamente redispersadas infinitas vezes, tornando-se colóides reversíveis.

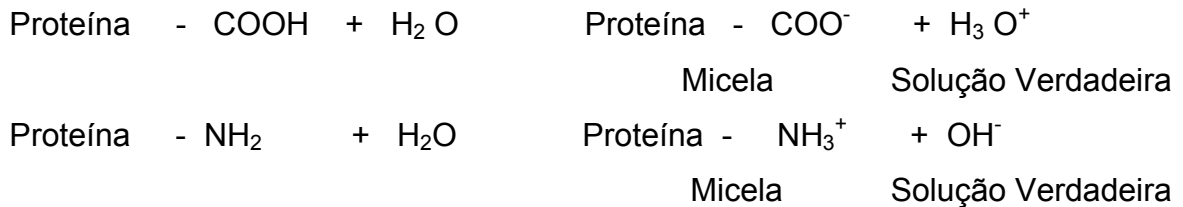
Sabe-se que a grande maioria dos colóides naturais são hidrófilos e portanto dotados da camada de solvatação. Esse manto de água envolvendo as partículas coloidais, tem uma grande importância em sua estabilidade, pois ele mesmo, não elimina os fatores de separação.

Caso a micela, que é partícula primária, seja destituída dessa camada protetora (partículas hidrófilas) em consequência da inexistência de afinidade entre o disperso e o dispersante, iremos observar uma aglutinação de partículas, acarretando a precipitação das mesmas.

Essas partículas possuem propriedades elétricas que influenciam fortemente o seu comportamento. As cargas localizadas na superfície(cargas primárias), devido a dissociação dos grupos polares são responsáveis por um campo eletrostático, que é fator determinante de estabilidade do sistema coloidal. Essas cargas primárias são devidas principalmente à dissociação de grupos polares

como COOH – NH₂. A título de ilustração podemos tomar como exemplo a molécula da proteína.

A carga elétrica dessa micela resulta da dissociação iônica dos grupos ácidos – COOH e dos grupos básicos – NH₂ existentes na macro-molécula



A dissociação iônica de um grupo – COOH produz carga negativa na micela e a dissociação iônica de um – NH₂ produz carga positiva na micela.

Para haver predominância de íons H₃O⁺ (ácido), tem que haver predominância de grupos – COOH dissociados e com isto a micela adquire carga elétrica negativa. A diminuição do grupo – COOH dissociado, produz diminuição de cargas negativas na micela. E quando o pH do meio atinge o ponto isoelétrico é porque a micela da proteína não tem carga elétrica, o que indica que há igual números de grupos – COOH e de grupos – NH₂ dissociados. A carga primária de partículas coloidais hidrofóbicas, é o resultado da adsorção preferencial de íons do meio disperso. Dado ao fato de que a carga das partículas hidrofóbicas pode ser invertida de sinal com a variação do pH, tem sido postulado que a carga primária é causada pela adsorção de íons de hidrogênio (H⁺) ou íons hidroxila (OH⁻), dependendo do número relativo em cada solução.

A carga primária de partículas coloidais atrai carga oposta. Teoricamente, a carga primária poderia ser completamente neutralizada pelos íons de cargas opostas, denominados contra-íons; na nossa tese usamos taninos vegetais, que constituem uma camada difusa.

Como observamos, a relação da carga primária em relação à carga secundária, é responsável pelo campo elétrico formado. (ARGAMAN & KAUFMAN,1996,LIBÂNIO,1996;GENDA 1991; MIRANDA, 1988; BERNADO, 1993).

A teoria física dá grande ênfase a fatores físicos como a adsorção contra iônica e que a instabilização ocorre através de redução de forças. Na teoria química, supõem-se que os colóides adquirem cargas elétricas superficiais pela ionização de grupos químicos, e a instabilidade em coagulação é conseguida por interações químicas entre partículas coloidais e os coagulantes. O potencial neste plano de cisalhamento é chamado potencial zeta, e é responsável pelo comportamento eletrostático da partícula coloidal. É a diferença de potencial entre a partícula com a sua camada adsorvida na superfície e a solução.

Potencial zeta como já vimos é conhecido como uma lei fundamental da natureza, e a sua finalidade é controlar a estabilidade dos colóides existentes na natureza. A estabilidade do colóide é o resultado da adsorção de íons, e o potencial zeta é a medida dessa adsorção.

No nosso trabalho a desestabilização dos colóides foi obtida através da modificação das concentrações iônicas na amostra bruta diminuindo assim o potencial zeta pelo aumento de taninos vegetais na camada difusa, implicando na maior proximidade entre o plano de cisalhamento e a superfície da partícula. Estes efeitos levaram a diminuição da barreira energética à interação.

As medidas necessárias para se conseguir a aglutinação das partículas coloidais em geral, basta a redução do Potencial Zeta, em decorrência das forças atrativas de Van der Waal's (FELTRE, 1996).

O potencial zeta se reduz a partir da superfície da partícula, e se torna zero onde a concentração de cargas elétricas são iguais. O potencial zeta aumenta a medida que diminui a distância em relação a superfície da partícula, e a sua redução se consegue pelo ajuste do pH próximo do ponto isoelétrico, onde a carga primária é zero e não conseguindo portanto a dupla camada para produzir esse potencial, podendo ser reduzido também com adição de íons ou colóides de carga oposta ao sistema coloidal. A adição dos taninos vegetais serviram para aumentar a concentração dos mesmos na camada difusa, e principalmente na camada fixa, aumentando assim o grau de neutralização da carga primária, responsável pela formação do campo elétrico (NENO, 1982; SEARS, 1977).

As partículas coloidais suspensas presentes nas águas superficiais naturais, são carregadas negativamente (Ácidas), sendo que as maiores são

responsáveis pela turbidez grosseira, tais como argila, silte, e de natureza hidrofóbica.

Partículas deste tamanho, são economicamente agregadas, através da adição de coagulantes, tais como sulfato de alumínio, ferro e polímeros orgânicos como os taninos vegetais. (GENDA,1991;VIANNA,1997)

Esses materiais reagem com a alcalinidade natural ou adicionada na água, para formar hidróxidos.

Os hidróxidos são relativamente insolúveis em pH normal, precipitam dependendo das características da água, especialmente cor, turbidez e pH.

Já que o ponto isoelétrico da maioria das partículas de hidróxidos também caem dentro do limite do pH normal, os precipitados se agregam à partícula floculenta.

II.4.2 - Fatores que influem a interação tanino – proteína.

As características da proteína tais como a dimensão, composição de amino ácidos, ponto isoelétrico da própria proteína e das características do tanino, tamanho e estrutura e condições de reação, pH, temperatura, composição do solvente e tempo influenciam a interação tanino-proteína. (LAMB,1996).

II.4.3 - Correlação entre potencial zeta e estabilidade de colóides (Tabela 2)

Todo colóide orgânico é eletronegativo quando suspenso em água e o pH em torno de 6,0 a 9,0.

Enquanto a estabilidade da maioria dos colóides inorgânicos é afetada apenas levemente pelo pH na faixa de 5,0 a 9,0. As proteínas são altamente anfóteras e o ponto isoelétrico (potencial zeta zero), geralmente ocorre na faixa de pH de 2,0 a 5,0.

Hidróxidos metálicos (ferro e alumínio) também são altamente anfóteros, com pontos isoelétricos na faixa de 5,0 a 7,0. (SABESP, 1975).

O potencial zeta é calculado pela fórmula: $PZ = 4 \cdot 3,14 \cdot u \cdot v / D$

PZ = potencial zeta existente; η = viscosidade cinemática; v = velocidade eletroforética das partículas e D = constante dielétrica do meio líquido.

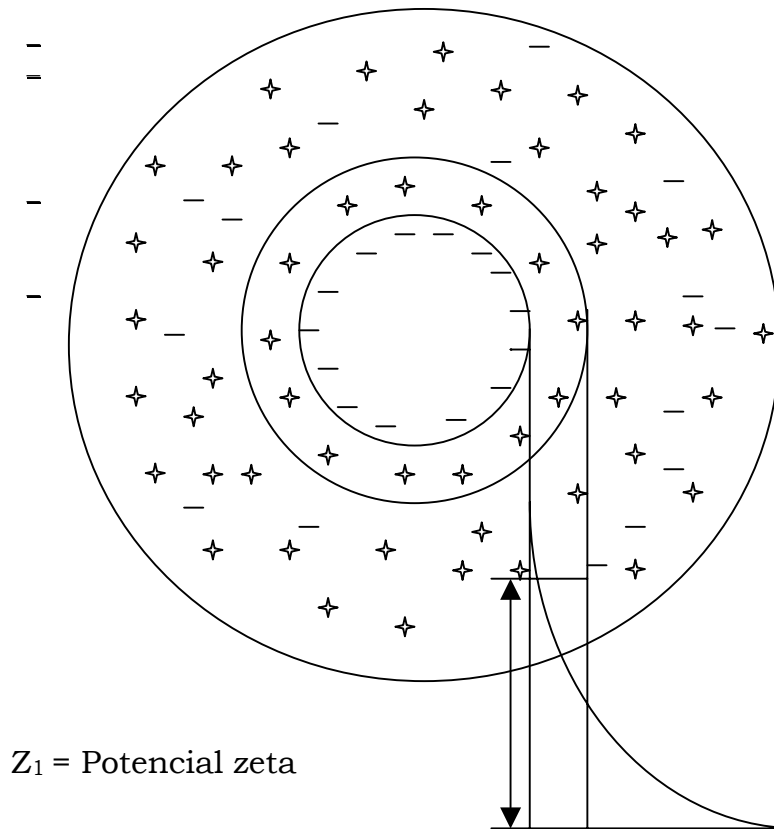
Tabela 2 - Correlação entre potencial zeta e estabilidade de colóides.

TABELA 2

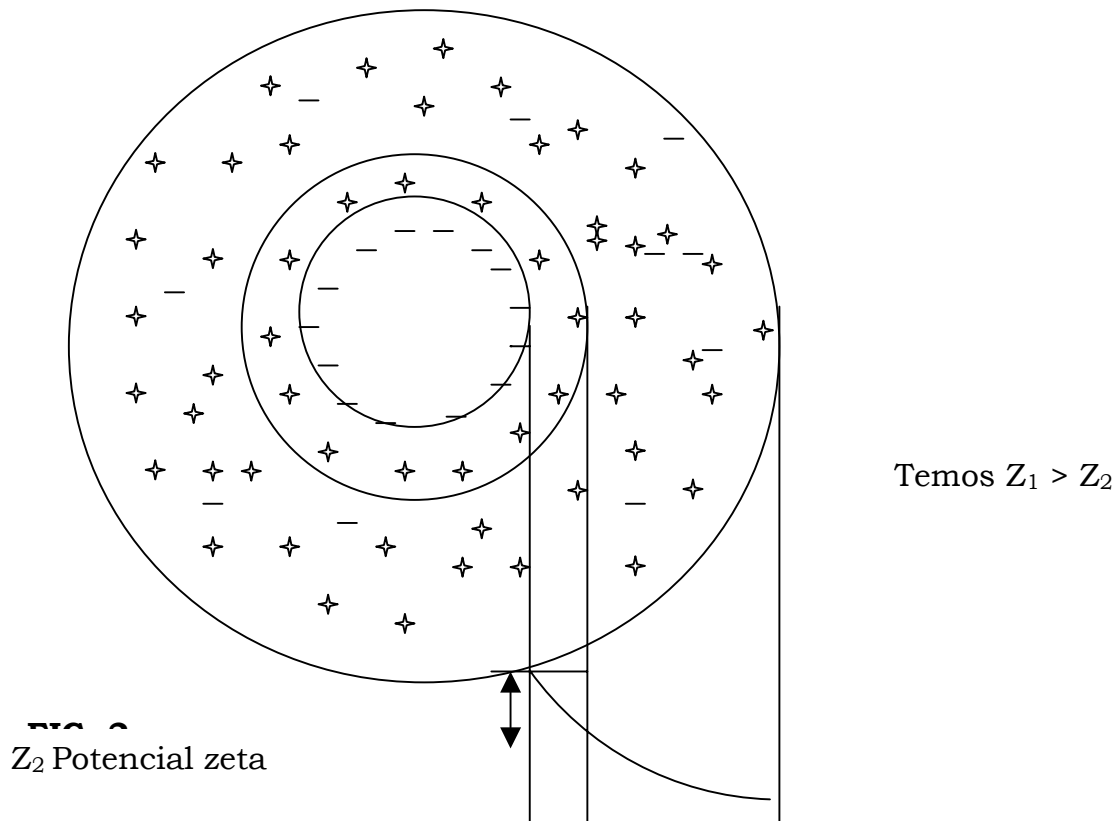
Relação entre a estabilidade de colóides e potencial zeta	
Características de Estabilidade	Potencial zeta (milivolts)
Máxima aglomeração e precipitação	+ 3 a zero
Excelente aglomeração e precipitação	-1 a -4
Fraca aglomeração e precipitação	-5 a -10
Fronteira de aglomeração (Aglomeração de 2 a 10 colóides)	-11 a -20
Patamar de pequena estabilidade (Poucos aglomerados)	-21 a -30
Estabilidade moderada (Sem aglomerados)	-31 a -40
Boa estabilidade	-41 a -50
Estabilidade muito boa	-51 a -60
Estabilidade exelente	-61 a -80
Máxima estabilidade	-81 a -100

Experiências com vários tipos de colóides hidrófobos resultaram nos seguintes padrões gerais.

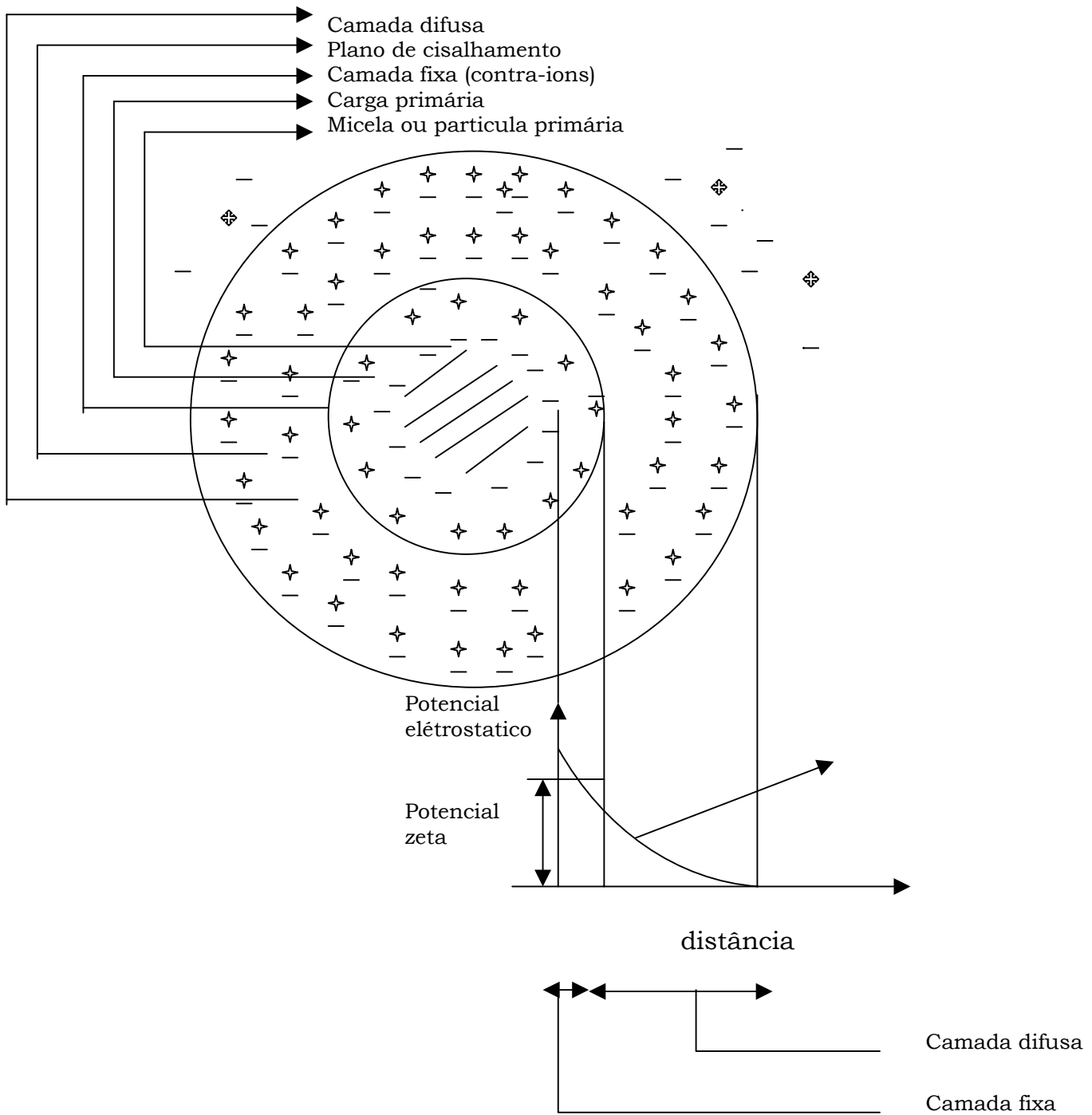
Antes da introdução de contra-ions : **FIG. 1**



Após a introdução de contra-ions: **FIG.2**



Esquema de uma partícula coloidal, carregada eletricamente:



CAPÍTULO III- OBJETIVOS

III.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é a melhoria da saúde e medidas de melhorar a qualidade da água de abastecimento e esgoto.

O crescimento da população brasileira tem sido expressiva nos centros urbanos. Em consequência, o déficit em termos de tratamento de esgoto e fornecimento de água potável, concorre decisivamente para o agravamento dos problemas da saúde pública.

A qualidade da água consumida está intrinsecamente ligada à saúde do homem não só no que diz respeito à veiculação dos germes patogênicos, mas também a presença de agentes.

Com o desenvolvimento das atividades humanas tem aumentado acentuadamente, a incidência dos agentes químicos tóxicos artificialmente sintetizados que vão aos mananciais, como é o caso de defensivos agrícolas e de produtos tenso ativos, ocasionando séria preocupação para população.

No tocante à quantidade de água tratada se tenha progredido bastante na execução de abastecimento público, o controle da qualidade da qualidade de tratamento não tem sido adequado por outro lado, o tratamento de esgotos somente tem sido aplicados processos secundários a nível biológicos. É portanto, objetivo geral do trabalho contribuir para melhoria de qualidade de água tratada em condições de atender os requisitos dos padrões de potabilidade estabelecidos no Brasil e uma alternativa de tratamento de esgotos por processos não biológicos.

A avaliação da toxidez da água é importante e está relacionada a quantidade de microorganismos existentes, que se inibem em determinadas concentrações de tanino. Por outro lado peixes como a truta, por ser um peixe de regiões frias, com bastante sensibilidade à águas contaminadas não sobrevivem também em grandes concentrações de tanino.

Através de investigações epidemiológicas cuidadosa sobre epidemia de cólera que atingiu um bairro de Londres em 1849, Snow conseguiu provas de que a água contaminada representou papel importante na sua disseminação.

A prova definitiva da presença do vibrião colérico na água consumida por indivíduos que posteriormente morreram de cólera, na Índia foi identificada por Koch num reservatório que forneceu água para uso doméstico.

O surto de cólera em 1892, em Hamburgo, Alemanha é um exemplo clássico de disseminação da doença através do sistema público de abastecimento de água.

Enquanto que Altona cidade adjacente e a jusante de Hamburgo, que captava água do mesmo manancial, mais antes de distribuí-la era submetida ao processo de filtros lentos, sofreu assim muito menos com a epidemia.

Entretanto, nos países onde não foi ainda possível maior rigor no controle a água consumida, ainda tem papel importante na disseminação de doenças infecciosas e parasitárias . Não só sob o ponto de vista bacteriológico o controle de qualidade da água tem sua importância principalmente no que diz respeito a substâncias químicas, em concentrações acima de certos níveis específicos, pode pelas propriedades tóxicas desses elementos, causar sérios agravos a saúde do homem.

Assim o controle da qualidade da água distribuída irá beneficiar essa parcela da população do Brasil.

É considerada precisamente água apta para o consumo humano, toda água, natural ou produzida por um tratamento de potabilização que cumpra as norma em vigor. Estas normas se baseiam em estudos toxicológicos e epidemiológicos, assim como a estética.

III.2 Objetivo Específico

Como objetivos específicos podem ser considerados: a avaliação dos taninos vegetais como agente floculante nos processos de floculação, sedimentação e filtração da água para consumo humano; auxiliar de coagulação nos tratamentos de água; e agente químico de floculação em processos de tratamento de esgotos por processos não biológicos.

Neste estudo buscamos a utilização dos taninos vegetais como floculante com dosagem e pH ótimo nas condições de mistura rápida e lenta, para uma melhor floculação e clarificação no tratamento de água de abastecimento do Rio de Janeiro e esgoto da Fiocruz.

A relação tamanho e densidade do floco em função do gradiente de velocidade de floculação, mais altos acarretaria flocos mais densos e de melhores dimensões e vice-versa.

A boa decantação de uma boa floculação depende e de uma serie de fatores, desde a estrutura e geometria dos decantadores até o tipo de coagulante que será utilizado (ARGAMAN & KAUFMAN, 1996).

Os testes utilizados para a execução do estudo foram: teste do jarro, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, volume do lodo decantado, volume do lodo flotado, turbidez, cor e pH.

Os principais itens atentamente observados e analisados no laboratório foram aparência inicial do floco, tempo de formação e decantação; o sobrenadante e decantabilidade do floco. As condições dos melhores são os mais densos, de distribuição uniforme e decantação rápida.(MACEDO & BRANCO, 1964;SABESP,1975;RUSSEL,1995;LIBÂNIO,1996; MIRANDA E ROQUE, 1988).

Os resultados das análises, foram comparados com os parâmetros das normas em vigor, tais para cor, turbidez, DQO, DBO em relação às concentrações de alcalinizantes e coagulantes utilizados; taninos vegetais, sulfato de alumínio puro ou em uma só solução juntamente com tanino; tanto no esgoto da Fiocruz, como na água de abastecimento do Rio de Janeiro, onde foram coletadas as amostragens dos efluentes da pesquisa.

A formação do floco é intimamente relacionada à concentração do íon-hidrogênio e às relações aniônicas e catiônicas, o controle do pH foi importante para a coagulação; o ponto isoelétrico do nosso trabalho foi de pH 8,5 podendo ser de até pH 7,0 para águas ácidas ou acima de 8,5 para águas alcalinas.

CAPÍTULO IV – METODOLOGIA

A fim de atender os objetivos do trabalho foram desenvolvidas as seguintes etapas de estudos: À partir de pesquisas bibliográficas e informações de empresas fabricantes de polieletrólitos selecionou-se um produto tanino para testes de coagulação / floculação de água e esgotos por métodos laboratoriais normatizados;

Com objetivos de comparação de resultados utilizou-se o produto químico sulfato de alumínio, normalmente empregado em estações de tratamento d'água como coagulante que permite a floculação devido e diversas formações de hidróxidos.

Selecionou-se como fonte de estudos, águas captadas no rio Guandú, fonte principal de águas de abastecimento público da cidade e área metropolitana do Ri

de Janeiro, tratada por sulfato de alumínio e polietrólito químico. Os esgotos foram oriundos da entrada da estação de tratamento da Fundação Oswaldo Cruz.

Para obtenção de resultados práticos foram comparados em termos de qualidade de água a turbidez, cor, pH e volume de lodo formado. No caso dos esgotos além dos dados acima, a Demanda Bioquímica de Oxigênio e a Demanda Química de Oxigênio.

As análises obedeceram as normas FEEMA -Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, Rio de Janeiro.

As conclusões e recomendações, bem como a discussão foram baseados nos resultados práticos laboratoriais

IV.1 - Procedimento dos Ensaios

Teste do Jarro ou Jarro Teste

Com o jarro-teste (teste de coagulação), foi utilizado na nossa pesquisa como o principal equipamento por ser um simulador de tratamento de água, esgoto e efluentes em geral, realizamos em laboratório a repetição das três fases consideradas na prática como essenciais na formação da coagulação, nas estações de tratamento de água que são, respectivamente

Mistura rápida: A fase de mistura rápida consistiu na adição de coagulantes na água do Guandu e esgoto da Fiocruz no tempo de 2,0 min, com uma rotação de 100rpm. O que permitiu observarmos a homogeneização do tanino nas amostras e o início da formação dos primeiros flocos devido a uma adequada quantidade de movimento.

Mistura lenta: Seguem-se então a fase de floculação onde a rotação das paletas diminuiu, para 40rpm em um tempo de 20min, não gerando assim a quebra dos flocos que foram formados. Observamos também o seu tamanho, densidade e tempo de formação.

Decantação: Finalmente, a fase de decantação, onde a água teve o escoamento reduzido, de modo que permitiu observarmos o tempo de decantação dos flocos e a clarificação de cada jarro. (BERNARDO,1993;NETO,1966;NEVES,1976;ECKELFELDER,1970;DMAE,1996).

IV.2 - Testes utilizados e os Valores Máximos Admissíveis (VMA):

Potabilização da água de abastecimento – Águas especiais
(CONAMA 20, PORTARIA 36 / GM,1990,)

Características da potabilidade da água:

- Isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde;
- Adequadas para serviço doméstico;
- Baixa agressividade e dureza; esteticamente agradável; baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de microrganismos
- Baixos teores de sólidos em suspensão
- Diminuição da taxa de mortalidade e doenças por veiculação hídrica.
(DACCACH,1984)

a) Demanda Bioquímica de Oxigênio

Seres presentes na água que podem estar vivos ou mortos. Dentre os seres vivos, tem-se os pertencentes aos reinos animal, vegetal e os protistas (organismos microscópicos como as bactérias e algas).

Os índices e parâmetros que consideram as características bacteriológicas da água medem a presença de microorganismos tais como bactérias aeróbicas e bactérias coliformes, entre elas a *Escherichia Coli* e a presença de *Pseudomonas aeruginosas*, que indicam a forma indireta da possibilidade da água entrar em contato humano.(SOARES,1996; STANDARD METHODS,1995; MIRANDA E ROQUE,1988).

org/ 100 ml - ausentes de germes patogênicos em uma única amostra.
(Portaria 36 / OMS)

DBO de 5 dias à 20 °C até 3,0 mg/l O₂ (CONAMA 20).

b) Demanda Química de Oxigênio

Foi necessário para análise quantitativa, de matéria orgânica e inorgânica, oxidados por oxidantes químicos como o dicromato de potássio. STANDARD METHODS,1995.

c) Volume do lodo decantado

Com a utilização do Cone de Imhoff analisamos a decantação de cada jarro.

d) Volume de flotação

Com a utilização de proveta de 100ml, calculamos os sólidos flotados.

e) Turbidez.

Mede-se em Turbidímetro de Hellige. Este parâmetro representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, pode servir de abrigo para organismos patogênicos. É devida a matéria em suspensão na água (argila, silte,

matéria orgânica, etc.) e perturba sua transparência. É medida em mg/l, em turbidímetros. STANDARD METHODS,1995.

40 UNT(unidade neflométrica de turbidez).(CONAMA 20)

1,0 UT (Portaria 36 / OMS)

f) Cor.

Mede-se em mg/l por comparação de platino-cobalto, em colorímetros. *Cor (disco de vidro)* – Nível de cor natural

A cor da água, quando é de origem natural, não apresenta riscos à saúde, mas se for resultante das atividades humanas, com despejos industriais pode ser tóxica. STANDARD METHODS,1995.

30 UH (CONAMA 20)

5,0 UH (Portaria 36 / OMS)

g) pH

Aparelho utilizado foi o potenciômetro, com solução tampão de pH 4,0.

Entre as substâncias inorgânicas, contém os sais metálicos, alcalinidade, pH e dureza (indica presença de sais de cálcio e magnésio que dificulta ação do sabão) , o ferro e o magnésio. STANDARD METHODS,1995

6,0 a 9,0 a 25 C (CONAMA 20)

6,5 a 8,5 (Portaria 36 / OMS)

h) Alumínio

O alumínio é causador de um possível efeito neurotóxico devido a sua prolongada exposição em nosso organismo. Por isso devemos eliminar ou diminuir a concentração utilizada no tratamento da água de abastecimento.

0,1 mg/l (CONAMA 20)

0,2 mg/l (Portaria 36 / OMS)

(SOARES,1996; STANDARD METHODS,1995; MIRANDA,1988; MIRANDA E ROQUE,1988).

Características para lançamento de esgotamento sanitário nos efluentes.

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às condições abaixo.

(Art 21 CONAMA, FEEMA)

Valores admissíveis para lançamento de esgoto sanitário.

- **Alumínio** 3,0 mg / l
- **pH** entre 5,0 e 9,0
- **Temperatura inferior a 40 C**
- **Materiais sedimentáveis** até 1,0 ml / l em uma hora
- **Ausência de materiais sedimentáveis** para lançamento em rios, lagos, lagoas, lagunas e reservatórios.
- **Materiais flutuantes:** Virtualmente ausentes
- **DBO** redução 70%
- **DQO** até 300 mg / l

Materiais utilizados para a execução do estudo.(STANDARD METHODS,1995 FEEMA; MIRANDA,1996)

Teste do Jarro

- a) Reagentes : Sulfato de alumínio e taninos vegetais;
- b) Alcalinizantes : Hidróxido de cálcio e carbonato de sódio;
- c) Equipamentos utilizados : Aparelho de jarro-teste e

d) Vidrarias : Seis bechers de 1000ml;

Demanda Bioquímica de Oxigênio

a) Equipamentos utilizados : Câmaras frigoríficas controladas para $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

b) Vidrarias : Vidros de incubação;

Vidros especiais para DBO, de 250 e 300ml;

Vidros de 40 a 50 litros de capacidade .

c) Reagentes : Água destilada ;

Solução tampão:monobásico de potássio;
fosfato dibásico de potássio;
fosfato dibásico de sódio
cloreto de amônia.

Solução de sulfato de magnésio;

Solução de cloreto de cálcio;

Solução de cloreto férrico.

Demanda Química de Oxigênio

a) Aparelho de refluxo .

b) Vidrarias: Balão de 250 ml com junta esmerilha

Condensador de 300ml com junta esmerilhada;

Placa de aquecimento - mistura em refluxo.

c) Reagentes: Água destilada ;

Solução padrão de dicromato de potássio ;

Sulfato ferroso amoniaco ;

Sulfato de mercúrio;

Feroin (indicador)

Sulfato de prata e

Ácido sulfúrico .

Volume do Iodo (flocos sedimentados)

a) Equipamento: Cone de imhoff.

Turbidez

a) Turbidímetro de Helige.

Cor

a) Equipamento: Cubeta ;

Disco de vidro Água Tester.

pH

a) Potenciômetro

CAPÍTULO – V RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os quadros adiante mostram os resultados das coletas da água de abastecimento do Guandu e esgoto da FIOCRUZ analisados no laboratório do departamento de saneamento e meio ambiente da ENSP.

Cada quadro foi enumerado, com o demonstrativo das análises, amostras e ensaios. Como também os valores analíticos das águas brutas, dos seis jarros testes e suas eficiências que é a relação da amostra mais clarificada, com melhor desempenho de decantação e flocos mais resistentes com a água bruta.

Os valores em negrito foram os que obtiveram melhores resultados, tanto nas dosagens de alcalinizantes, taninos e sulfato de alumínio, como também tamanho dos flocos, tempo de formação e decantação.

Neste estudo buscamos a otimização da dosagem de taninos vegetais como coagulante e floculante nas condições de mistura rápida e lenta para uma melhor floculação no tratamento de água de abastecimento do Rio de Janeiro e esgotos da FIOCRUZ, verificando a estrutura do floco, tamanho, densidade e a sua resistência ao cisalhamento e decantação.

Os testes utilizados para a execução do estudo foram: teste do jarro, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, volume do lodo decantado, volume do lodo flotado, turbidez, cor e pH.

Os valores das análises, foram comparados com os parâmetros das normas em vigor, como cor, turbidez, DQO, DBO em relação às concentrações de alcalinizantes e coagulantes utilizados; taninos vegetais, sulfato de alumínio puro ou em uma só solução juntamente com tanino; tanto no esgoto da FIOCRUZ, como na água de abastecimento do Rio de Janeiro, onde foram coletadas as amostras.

V-1 Amostras Guandu

A primeira coleta, amostra 1 foi realizada no dia 05/05/97, na zona de captação do rio Guandu. Foram realizadas duas análises para verificação do pH ótimo e dosagem ótima do tanino e alcalinizante.

O quadro 1 mostra a primeira análise feita, para avaliação do pH ótimo do tanino. Adicionamos a mesma quantidade de tanino nos seis jarros e diferentes de alcalinizante de forma crescente. Verificamos que o terceiro jarro obteve o melhor resultado devido a sua floculação e clarificação. No teste do jarro nas condições de mistura rápida (100rpm -20min) e lenta (40rpm -2,0min) para um melhor tratamento de água de abastecimento do Rio de Janeiro.

Quadro 1 - Avaliação do pH ótimo do tanino no Guandu: amostra 1.

Quadro 1
TESTE DE FLOCULAÇÃO GUANDU

Amostra 1		Ensaio 1	
Jarro	Tanino/ml/l	Ca(OH) ₂ /ml/l	PH
1	0,5	0,5	6
2	0,5	1	6,5
3	0,5	1,5	7
4	0,5	2	7,2
5	0,5	2,5	7,8
6	0,5	3	8,3

- Coleta ; 05/05/97 horário: às 10 hs temperatura: 22 C
- Captação do Guandu
- Análise às 12 hs

No quadro 2 verificamos a dosagem ótima do tanino. Colocamos a mesma quantidade de hidróxido de cálcio do pH ótimo da primeira análise. O sexto jarro foi o que obteve melhor floculação e visibilidade da água, podendo ter tido uma maior clarificação com acréscimo da quantidade do coagulante utilizado. Devido a variação da concentração de tanino ser muito pequena quase que o pH da amostra permaneceu constante. A dosagem ótima de 1,0ml/l foi utilizado na maioria das análises seguintes.

Não chegamos a dosagem ótima neste teste pois quanto maior o pH melhor foi a floculação e clarificação da amostra afetando o pH da água tratada apesar de ser ácido.

Quadro 2 - Verificação da dosagem ótima de tanino no Guandu: amostra1.

Quadro 2			
TESTE DE FLOCULAÇÃO QUANDU			
Amostra 1		Ensaio 2	
Jarro	Tanino/ml/l	Ca(OH) ₂ /ml/l	PH
Água bruta			6
1	0,3	1,5	6,8
2	0,4	1,5	6,8

3	0,5	1,5	7
4	0,7	1,5	7
5	0,8	1,5	7
6	1	1,5	7

Coleta ; 05/05/97 horário: às 10 hs temperatura: 22 C

Captação do Guandu

Análise: posteriormente a anterior

A Segunda amostra, amostra 2 foi coletada no dia 24/11/97 na captação do Guandu. **No quadro 3** a concentração de tanino utilizada foi a dosagem ótima avaliada da primeira amostra, acrescentamos quantidades crescentes de hidróxido de cálcio, nos jarros quatro e cinco obtivemos as melhores clarificações e floculações da amostra reduzindo a cor e turbidez em 100% e a DQO em 97,4%.

Não avaliamos o volume do lodo da água bruta por não acharmos necessário pela pequena quantidade de sólidos existentes em suspensão e dissolvidos.

Quadro 3 - A concentração de tanino utilizada para dosagem ótima no Guandu: amostra 2.

Quadro 3 TESTE DE FLOCULAÇÃO GUANDU							
Amostra 2				Ensaio 1			
Jarro	Tanino ml/l	Ca (OH) ₂ MI/l	PH	Cor ÛH	Turbidez UT	V. Lodo/ml/l	DQO/mg/l
Água bruta			6,7	70	6		126
1	1	0	6,7	60	1,5	0	
2	1	10	7	40	1,5	5	

3	1	15	8	0	1	12	
4	1	17	8,5	0	0	18	3,32
5	1	20	9,5	0	0	21	6
6	1	25	9,8	0	0	10	
Eficiência(%)				100	100		97,4

- Coleta: 24/11/97 horário: às 09:30 hs temperatura 27C
- Captação do Guandu
- Análise às 12 hs.

Os jarros quatro e cinco foram os que obtiveram as melhores dosagens de tanino e alcalinizantes. O teste de DQO só foi elaborado nos melhores resultados.

No quadro 4 o floculante utilizado foi o sulfato de alumínio, que colocado de forma crescente junto com o alcalinizante, resultou numa variação do pH de 6,7 a 9,5.

No jarro quatro foi que se obteve a melhor floculação e clarificação ocasionando a diminuição da cor 100% e turbidez 86,7%. Os tamanhos dos flocos não variaram, sendo pequenos e uniformes em todos os jarros.

Observamos, que o volume do lodo é bem menor que o do tanino por serem os flocos bem menores, como também o tempo de decantação e formação dos flocos.

A DQO da água tratada com tanino teve uma redução de 97,4% (quadro 3) melhor do que com sulfato de alumínio 92,1%.

Quadro 4 - Utilização do sulfato de alumínio como floculante no Guandu: amostra 2.

Quadro 4										
TESTE DE FLOCULAÇÃO										
GUANDU										
Amostra 2						Ensaio 2				
Jarro	S. Alumínio	Ca (OH) ₂	PH	Cor UH	Turbidez UT	V. Lodo ml/l	DQO mg/l	Tamanho Dos flocos	Tempo de Formação Seg	Tempo de Decantação Seg
	MI/l	MI/l								
Água bruta			6,7	70	6		126			

1	5	0	6,7	20	3	1		Pequenos e Uniformes	180	120
2	10	10	7,2	5	1,5	4		"	"	90
3	15	15	8,1	0	1,3	4		"	"	60
4	20	17	8,6	0	0,8	4	9,96	"	"	40
5	25	20	9,3	5	2,8	2		"	"	30
6	30	25	9,5	5	1,8	2		"	"	40
Eficiência(%)				100	86,7		92,1			

- Coleta: 24/11/97 horário: às 09:30 hs temperatura 25 C
- Captação do Guandu
- Análise realizada posteriormente

A terceira amostra foi coletada no dia 05/12/97 fora da área de captação. **No quadro 5** os floculantes utilizados foram o sulfato de alumínio e tanino, com variação do pH de 4,6 a 9,5. No jarro quatro se obteve a melhor floculação e clarificação da água tratada ocasionando diminuição da cor e turbidez em 100% a um pH ótimo de 8,5 formando os menores flocos, com exelente redução de sua DQO em 80,7% e DBO 98%.

O uso do tanino diminuiu sensivelmente a quantidade necessária de sulfato de alumínio em 95% (quadros 4 e 5).

Quadro 5 - Utilização do sulfato de alumínio e tanino em conjunto como floculantes: amostra 3.

Quadro 5									
TESTE DE FLOCULAÇÃO GUANDU									
Jarro	S. Alumínio MI/l	Tanino ml/l	Amostra 3			Ensaio 1			Observações
			Ca (OH) ₂ ml/l	Cor UH	Turbidez UT	PH	DQO ml/l	DBO ml/l	
Água bruta				40	3	7,6	249,3	150	
1	1	1	0	80	5	4,6			Não houve clarificação
2	1	1	5	0	1,4	6,3			
3	1	1	10	0	0,9	7			Flocos uniformes
4	1	1	15	0	0	8,5	48	3	Menores
5	1	1	20	0	0,2	9	54,3	6	Micro flocos

6	1	1	25	0	1,8	9,5			
Eficiência(%)				100	100		80,7	98	

- Coleta: 05/12/97 horário: às 10hs temperatura
- Amostra: fora da área de captação
- Análise: 12 hs

OBS. Jarro 2 - Flocos grandes e desuniformes, decantação rápida e água clarificada.

A quarta amostra, amostra 4 foi coletada no dia 08/12/97, fora da área de captação. **No quadro 6** mostro-se os resultados com o tanino como floculante. O valor do pH ótimo decaiu para 7,4 não acarretando a clarificação da água a não ser com pequena redução da cor 75% e turbidez 2,8%. O tempo de formação e decantação dos flocos foi bem menor que na utilização do sulfato de alumínio (quadro 4) mostrando, que a sua estrutura modifica em variações muito pequenas de Ph. E o volume do lodo é maior em relação ao tamanho dos flocos (quadros 6 e 7). mas formou sólidos em suspensão devido ao baixo pH.

Quadro 6 - Utilização do tanino como floculante no Guandu: amostra 4.

Quadro 6									
TESTE DE FLOCULAÇÃO GUANDU									
Amostra 4						Ensaio 1			
Jarro	Tanino ml/l	Ca (OH) ₂ ml/l	PH	Cor UH	Turbidez UT	V. Lodo/ml/l	Tempo de Formação dos Flocos/Seg	Tamanho e Quantidade dos Flocos	Tempo de Decantação seg
Água bruta			6,9	120	3,5				
1	1,5	14	7,1	30	4,2	35	80	Poucos e grandes	10
2	1,5	15	7,3	30	3,3	30	100	Poucos e grandes Grandes (fundo)	10
3	1,5	16	7,4	30	3,4	35	120	Mais uniformes e médios	12

4	1,5	17	7,6	30	4,1	40	120	Menores e mais Uniformes	12
5	1,5	18	7,7	30	4,4	20	150	Pequenos e bem Distribuidos	8
6	1,5	19	7,9	80	4,2	30	150	Pequenos e bem Distribuidos	10
Eficiência(%)				75	2,8				

- Coleta: 08/12/97 horário: às 09:30hs temperatura: 25 C -Amostra: fora da área de captação
- Análise: 12 hs.

O quadro 7 mostra que o pH ótimo estava mais perto do ponto isoelétrico pH 8,3. Foi utilizado tanino e sulfato de alumínio como floculantes. O jarro três teve melhor clarificação onde os flocos foram pequenos e uniformes e a redução da cor com uma eficiência de 95% e turbidez 80% obtiveram uma boa redução do que unicamente com tanino (quadro 6). A utilização de tanino diminuiu a quantidade de concentração do sulfato de alumínio em relação às outras análises em 95% (quadros 4 e 7).

O quadro 7 - Utilização do tanino e sulfato de alumínio como floculantes no Guandu: amostra 4.

Quadro 7

TESTE DE FLOCULAÇÃO GUANDU							
Amostra 4				Ensaio 2			
Tanino MI/l	S. Aluminio MI/l	Ca (OH) ₂ ml/l	PH	Cor UH	Turbidez UT	V. Lodo/ml/l	Tamanho Dos flocos
Água bruta			6,9	120	3,5		
1,3	1,3	16	7,5	30	3,5	10	Grandes e desuniformes
1,3	1,3	17	7,8	20	3,1	14	Médios e desuniformes
1,3	1,3	18	8,3	5,1	0,7	7	Pequenos e uniformes
1,3	1,3	19	8,6	10	1,5	6	Pequenos e uniformes
1,3	1,3	20	9,1	15	1,7	13	Médios, desuniformes
1,3	1,3	21	9,2	20	2,9	16	Médios, desuniformes e
							Partículas em suspensão
Eficiência(%)				95	80		

- Coleta: 08/12/97 horário: às 09:30hs temperatura: 25 C
- Amostra: fora da área de captação
- Análise: posteriormente

A quinta amostra, amostra 5 foi coletada no dia 15/12/97 na área próxima da captação. No **quadro 8** foi utilizado o tanino como floculante onde o ponto isoelétrico foi pH 7,2. Ocasinou a redução da cor em 85%, turbidez 88% e DQO 64,4%, mas formou sólidos em suspensão foram medidos ao baixo pH.

Os sólidos em suspensão foi medido com uma proveta de 100ml, encontramos 0,5ml de depósito.

Quadro 8 - Utilização do tanino como floculante no Guandu: amostra 5.

Quadro 8							
TESTE DE FLOCULAÇÃO							
GUANDU							
Jarro	Tanino ml/l	Amostra 5		Ensaio 1			DQO/mg/l
		Ca (OH) ₂ Ml/l	PH	Cor UH	Turbidez UT	V. Lodo/ml/l	
Água bruta			6,7	210	18		95,4
1	1	20	6,8	60	3,5	25	
2	1	23	7	50	2,5	38	
3	1	26	7,1	30	2	38	
4	1	29	7,2	30	2	38	51
5	1	32	7,4	30	3	20	34
6	1	35	7,5	20	1,5	20	
Eficiência(%)				85	88		64,4

- Coleta: 15/12/97 horário: às 10hs temperatura 23 C
- Amostra: área próxima da captação
- Análise às 12 hs

A Sexta amostra, amostra 6 foi coletada no dia **22/12/97** próxima a área de captação.

No **quadro 9** foi utilizado tanino e sulfato de alumínio como floculantes e o jarro três foi o que obteve melhor floculação e clarificação reduzindo a cor em 85%, turbidez 58% e DQO 93,2%.

Quadro 9 - Utilização de tanino e sulfato de alumínio em conjunto como floculantes no Guandu: amostra 6.

Quadro 9
TESTE DE FLOCULAÇÃO
GUANDU

Jarro	Amostra 6			Ensaio 1				DQO/mg/l
	Tanino MI/l	S. Aluminio MI/l	Ca (OH) ₂ MI/l	PH	Cor UH	Turbidez UT	V. Lodo/ml/l	
Água bruta				7,3	210	12		150
1	0,75	0,75	27	7,7	30	5	12	
2	0,75	0,75	30	8	30	6	10	
3	0,75	0,75	33	8,3	30	5	15	10,2
4	0,75	0,75	36	8,5	30	6,5	10	
5	0,75	0,75	39	8,7	30	6,5	10	
6	0,75	0,75	42	9	60	6,5	9	
Eficiência(%)					85	58		93,2

- Coleta 22/12/97 horário : 10 hs temperatura: 26 C
- Amostra: área próxima da captação
- Análise às 12 hs

No quadro 10 foi utilizado somente tanino como floculante. O jarro cinco foi o que teve uma melhor floculação e clarificação com redução da cor em 92,8%, turbidez 79,2% e DQO 73,3%.

Pela comparação dos quadros nove e dez os parâmetros analisados só com tanino ocasionou um maior percentual em relação a cor e turbidez e o sulfato de alumínio e tanino juntos em relação a DQO.

Quadro 10 - Utilização de tanino como floculante no Guandu: amostra 6.

Quadro 10

TESTE DE FLOCULAÇÃO GUANDU						
Amostra 6			Ensaio 2			
Jarro	Tanino MI/l	Ca (OH) ₂ ml/l	PH	COR UH	Turbidez UT	DQOmg/l
Água bruta			7,3	210	12	150
1	1,5	27	7,2	30	3,5	
2	1,5	28	7,4	30	2,5	
3	1,5	29	7,5	30	2,5	
4	1,5	30	7,7	15	2,5	
5	1,5	31	8	20	2	40
6	1,5	32	8,3	30	3	
Eficiência %				92,8	79,2	73,3

- Coleta: 22/12/97, 10 horas; temperatura 26°C, feita no Rio Guandu, em área aproximada à da zona de captação.
- Análise feita às 12 horas. DQO – tempo de reação 12 horas (sob refrigeração)

V - 2 Amostras da Fiocruz

A primeira amostra, amostra 1 do esgoto da Fiocruz, foi coletada no dia 20/03/97, para análise do tanino em tratamento de esgoto.

Nos resultados da primeira análise mostra no quadro 11 colocamos a mesma quantidade de tanino em todos os jarros e crescente de alcalinizante. O sexto jarro foi o que obteve melhor floculação e clarificação onde o pH ótimo foi 7,9 nas condições de mistura rápida (100rpm -20min) e lenta (40rpm -2,0min) para uma melhor floculação no tratamento de água de esgoto da FIOCRUZ.

Quadro 11 - Resultados da primeira análise de tanino no esgoto da Fiocruz: amostra 1.

Quadro 11

ESGOTO DA FIOCRUZ				
Amostra 1		Ensaio 1		
Jarro	Tanino/ml/l	Ca(OH) ₂ /ml/l	PH	V. Lodo/mg/l
1	3	2	6,5	17
2	3	4	7,4	17
3	3	6	7,5	18
4	3	8	7,6	18
5	3	10	7,6	19
6	3	12	7,9	20

Coleta: 20/03/97, 10 horas; temperatura 20°C, amostra coletada no esgoto bruto da Fiocruz. Análise feita às 15 horas

No quadro 12 verificamos a dosagem ótima do tanino. Colocamos a mesma quantidade de hidróxido de cálcio do pH ótimo da primeira análise. O primeiro jarro foi o que obteve melhor floculação e clarificação com redução da DBO 96%. Utilizamos 1,0ml/l de tanino na maioria das análises seguintes.

Quadro 12 - Verificação da dosagem ótima do tanino no esgoto da FioCruz: amostra 1.

Quadro 12

ESGOTO DA FIOCRUZ				
	Amostra 1		Ensaio 2	
Jarro	Tanino/ml	Ca(OH) ₂ /ml	Turbidez UT	DBO ML/L
Água Bruta				356
1	1	12	0,5	13,5
2	1,5	12	0,5	
3	3	12	0,5	26,3
4	4,5	12	0,5	16
5	6	12	0,5	17
6	6,5	12	0,5	
Eficiência %				96

Coleta: 20/03/97, 10 horas; temperatura 20°C, amostra coletada no esgoto bruto da FIOCRUZ
 Análise feita às 15 horas. DBO – feita no mesmo dia.

A Segunda amostra, amostra 2 foi coletada no dia 23/09/97.

Na análise mostrada no quadro 13 o tanino foi utilizado como floculante. o jarro quatro foi o que obteve melhor floculação e clarificação reduzindo cor em 85,7%, turbidez 95,5%, DQO 96% e DBO 83,3%. Os flocos formados pelo tanino são pequenos e dispersos a um tempo de 60seg.

A redução por aeração prolongada (Fiocruz) cor em 71,4%, turbidez 45,2%, DQO 92% e DBO 80%.

Quadro 13 - Utilização do tanino como floculante no esgoto da Fiocruz: amostra 2.

Quadro 13

ESGOTO DA FIOCROZ TESTE DE FLOCULAÇÃO Amostra 2											
Jarro	Tanino MI/l	Ca (OH) ₂ MI/l	pH	COR UH	Turbidez UT	V. Lodo ml/l	DQO ml/l	DBO Mg/l	Tempo de formação dos flocos/Seg	Tamanho dos flocos	Tempo de decantação/seg
Água bruta			6,7	140	31		257	120			
1	2	0	6,5	200	26	6					
2	2	5	7	200	11	40			20	Grandes e desuniformes	180
3	2	10	7,8	30	2,4	50			60	Aglomerado de flocos pequenos	25
4	2	15	8,7	20	1,4	40	9,96	20	60	Pequenos flocos e dispersos	40
5	2	20	9,4	30	2,9	30			120	Menores flocos	40
6	2	25	9,8	30	2,4	40			120	Micro flocos	60
											60
Eficiência (%)					85,7	95,5		96	83,3		
Fiocruz				6,4	40	17		20,6	24		
Eficiência %					71,4	45,2		92	80		

- Coleta:23/09/97, 08:00 horas; temperatura 24°C, amostra coletada no esgoto bruto da FIOCROZ. Análise feita às 9 horas.

A terceira amostra, amostra 3 foi coletada no dia 24/10/97.

No quadro 14 o jarro quatro teve melhor floculação e clarificação reduzindo cor em 92,8%, turbidez 89,1% e DQO 88,7% nos revelando, que os valores percentuais do tanino foram superiores aos tratamentos anaeróbio - do valo (62%, 22% e 66%) e aeração prolongada da Fiocruz (85,7%, **97,5%** e 82,6%) exceção da turbidez, onde o da Fiocruz foi maior **97,5%**.

Quadro 14 - Utilização do tanino como floculante no esgoto da Fiocruz: amostra 3.

Quadro 14

ESGOTO DA FIOCRUZ							
Amostra 3							
Jarro	Tanino MI/l	Ca(OH) ₂ ml/l	PH	COR	UH	Turbidez UT	DQO mg/l
Água bruta			7	210		32	354
1	1,5	12	7,2	150		22	
2	1,5	15	7,8	40		3,5	
3	1,5	18	8,2	15		3,5	40
4	1,5	21	8,8	15		3,9	
5	1,5	25	9,1	20		4,1	
6	1,5	28	9,5	30		4	
Eficiência %				92,8		89,1	88,7
Fiocruz			6,8	30		0,8	61,4
Eficiência %				85,7		97,5	82,6
Anaeróbio			7,1	80		25	92,0
Eficiência %				62		22	26,0

- Coleta: 24/10/97, 08:30 horas; temperatura 23°C, coleta feita no esgoto anaeróbio de saída (tratado) e da FIOCRUZ. Análise feita às 9 horas.

OBS: A estação piloto da Fiocruz (anaeróbio) funciona sobrecarregada projetada para 0,25 l/s trata de 1,5 a 5,0 l/s em todas as unidades menos a decantada tubular subdimensionado (CYNAMON).

A quarta amostra foi coletada em 19/11/97.

No quadro 15 a uma dosagem de 2,0 ml com acréscimo de 12 a 17 ml de alcalinizante, o pH ótimo foi de 8,2, onde o jarro três obteve melhor floculação e clarificação reduzindo cor 100%, turbidez 83%, DQO 84% e DBO 35%. Demonstrou um maior percentual analítico, que o tratamento da Fiocruz (90%, 62,5%, 64,5% e 92,3%).

Quadro 15 -Utilização do tanino como floculante no esgoto da Fiocruz: amostra 4.

Quadro 15

ESGOTO DA FIOCRUZ							
Tratado							
Amostra 4							
Jarro	Tanino MI/l	Ca (OH) ₂ ml/l	pH	COR UH	Turbidez UT	DQO/mg/l	DBO/mg/l
Água bruta			6,2	10	12	130	34,5
1	2	12	7,8	5	2,1		
2	2	13	8	5	1,8		
3	2	14	8,1	0	0,2		
4	2	15	8,2	0	0,3		
5	2	16	8,4	0	0,2	41,5	22,5
6	2	17	8,7	5	0,8		
Eficiência %				100	83	84	35

- Coleta: 19/11/97, 10 horas; temperatura 24°C, amostra coletada no esgoto bruto da FIOCRUZ.

Análise

feita às 9 :00 horas.

A quinta amostra foi coletada no dia 19/11/97.

No quadro 16 foi analisado com 2,0ml/l de tanino como floculante com uma dosagem de alcalinizante de 12 à 17ml/l. O jarro quatro foi o que teve melhor floculação e clarificação a um pH ótimo de 8,3 reduzindo cor 100%, turbidez 93,7%, DQO 78,1% e DBO 97,3; formando flocos médios e uniformes em 30seg com uma decantação de 8,0Seg.

A redução por aeração prolongada da Fiocruz foi cor em 90%, turbidez 62,5%, DQO 64,5% e DBO 92,3%.

Quadro 16 -Utilização do tanino como floculante no esgoto da Fiocruz: amostra 5.

Quadro 16

TESTE DE FLOCULAÇÃO ESGOTO DA FIOCRUZ										
Amostra 5						Ensaio 1				
Jarro	Tanino ml/l	Ca(OH) ₂ MI/l	pH	COR UH	Turbidez UT	DQO mg/l	DBO mg/l	Tamanho dos flocos	Tempo de formação/seg	Tempo de detenção/Seg
Água bruta			6,5	100	32	366,1	450			
1	2	12	7,9	10	2,1			Grandes e uniformes	20	5
2	2	13	8,1	5	0,8			Grandes e uniformes	20	5
3	2	14	8,2	5	1,8			Grandes e uniformes	20	6
4	2	15	8,3	0	0,2	80	12	Médios e uniformes	30	8
5	2	16	8,4	5	0,4	92	13,2	Médios e uniformes	30	8
6	2	17	8,6	5	0,8			Médios e uniformes	30	10
Eficiência (%)					100	93,7	78,1	97,3		
Fiocruz			6,2	10	12	130	34,5			
Eficiência (%)					90	62,5	64,5	92,3		

- Coleta: 19/11/97, 10 horas; temperatura 24°C, amostra coletada no esgoto bruto da FIOCRUZ. Análise feita às 9 horas.

No quadro dezessete foi utilizado 1,0 ml/l de tanino. Onde o jarro dois obteve melhor floculação e clarificação reduzindo cor 60% e turbidez 93,4% formando

pequenos flocos e grande quantidade em um tempo de 20 Seg, com uma decantação de 5,0 Seg.

A redução por aeração prolongada da Fiocruz foi cor em 90% e turbidez 62%.

Quadro 17-Utilização do tanino como floculante no esgoto da Fiocruz: amostra 6.

Quadro 17

TESTE DE FLOCULAÇÃO									
ESGOTO DA FIOCRUZ									
Amostra 5					Ensaio 2				
Jarro	Tanino MI/l	Ca(OH) ₂ ml/l	pH	COR UH	Turbidez UT	V.Lodo mg/l	Tamanho dos flocos	Tempo de formação Seg	Tempo de detenção Seg
Água bruta			6,5	100	32				
1	1	13	7,8	50	2,4	60	Pequenos, grande quantidade	20	5
2	1	14	8,6	40	2,1	60	Pequenos, grande quantidade	20	5
3	1	15	8,8	50	2,1	70	Pequenos, grande quantidade	20	6
4	1	16	9,1	80	2,5	70	Flocos médios e menor quantidade	30	8
5	1	17	9,4	80	2,4	80	Flocos médios e menor quantidade	30	8
6	1	18	9,8	80	2,83			30	10
Eficiência (%)				60	93,4				
Fiocruz			6,2	10	12	130	34,5		
Eficiência (%)				90	62,5	64,5	92,3		

- **Coleta: 19/11/97 horário: 08:00** horas; temperatura 24 °C, amostra coletada no esgoto bruto da FIOCRUZ. Análise feita às 9 horas.

OBS: As análises demonstraram uma melhor eficiência para 2,0 ml (quadro 17) de dosagem de tanino que 1,0 ml (quadro 16) para cor e turbidez. Porém o tempo de formação dos flocos e detenção as análises do quadro 17 foi melhor, isto é para **1,0 ml de tanino** .

O tanino usado no nosso estudo não foi classificado como tóxico, pois a dosagem ótima ficou no máximo em 2,0ml/l como visto acima..

Os quadros mostram os resultados das análises concretizadas nas diferentes amostras colhidas e estudadas em dias variados, no Guandu e esgoto da Fiocruz.

As análises elaboradas foram realizadas no laboratório da Fiocruz, onde utilizamos o Jarro Teste nas análises de floculação, Cone de Imhoff para volume de lodo, turbidímetro de Hellige, no teste de turbidez, Colorímetro - disco de cor, Potenciômetro pH, Aparelho de Aquecimento para DQO e posteriormente com o seu valor calcular sua DBO ; vidrarias e reagentes.

Foram coletadas seis amostras do Guandu e cinco da Fiocruz totalizando dezessete baterias. Em todos os testes analisados com o simulador de tratamento de água houveram floculações e decantações dos sólidos existentes no meio aquático, clarificando a água tratada. Em cada bateria foram escolhidos os jarros com pH's e dosagens ótimas, melhores floculações; mais clarificados; decantações mais rápidas; flocos uniformes, bem distribuídos e densos.

As análises começaram em março, mas foram elaboradas de forma mais sucinta, a partir de setembro/97, obtendo assim, através de vários testes o pH ótimo, variando de 7,0 a 8,7, com dosagem ótima de 1,0 a 2.0 ml diluída com três partes de água destilada. As análises feitas com, taninos ou sulfatos, juntos ou em separados, floculou melhor com pH's por volta de 8,5, onde ocorreram a formação de flocos uniformes e resistentes.

A variação tanto de pH e dosagens de coagulantes, foram elaborados nas diferentes amostras, conforme dia, horário e tempo em que foram coletadas.

Quanto maior o índice de turbidez e cor, maior a dosagem de tanino como coagulante ou polieletrólito ou sulfato de alumínio e alcalinizante (carbonato de sódio ou hidróxido de cálcio).

Quanto a eficiência da cor, turbidez, DBO e DQO foram realizadas pela relação da água bruta com amostra tratada no simulador e comparados aos tratamentos realizados: com o sulfato de alumínio (água de abastecimento) e aeração prolongada e o anaeróbio (esgoto).

O nosso trabalho de pesquisa foi caracterizado, pelos resultados analiticamente comparados, entre o tanino e o sulfato de alumínio, de acordo

com a sua clarificação (dosagens e pH's mais econômicos). Pois os valores encontrados, com pH's menores, que o ideal, geraram grandes flocos e desuniformes não sendo devidamente clarificados; enquanto que valores acima dos pH's ótimos criaram microflocos não eliminando a turbidez nem sua cor. Já no ponto isoelétrico todos os parâmetros analisados foram eficientes.

Nos testes onde a floculação foi deficiente, acarretaram concentração de sólidos em suspensão (variando de 0,5 ml/l em uma proveta de 100 ml/l).

Os valores analisados (do esgoto e água bruta e os tratados) no simulador, obtiveram um grau de eficiência entre 65 a 100%.

A adição do desinfectante depende, do pH da água e da quantidade dos microorganismos existentes no meio. Como o tanino, é um desinfectante devido a formação de quinonas, pode ser usado como algicida, fungicida e antibacteriana barateando o custo da água de abastecimento e do tratamento do esgoto. (Almeida Neves, 1976).

Água de abastecimento do Guandu: o resultado foi bastante eficiente, isto é, a coagulação foi tanto maior, quanto a ordem crescente de variação com pH devido a uma melhor clarificação da água com a formação de grandes flocos densos e estáveis. Porém não, foram analisados os parâmetros estabelecidos e sim a parte visual como teste.

Esgoto da Fiocruz : A coagulação foi bastante eficiente; devido a uma clarificação bastante acentuada do esgoto da FIOCRUZ formando grandes flocos densos e estáveis, diminuindo assim o índice de turbidez, DQO e DBO. A formação do lodo foi maior no jarro da dosagem ótima chegando a 20 ml no cone de Imhoff.

V –3 Custo do Metro Cúbico da Água Tratada

As despesas no custo do tratamento da água, na ETA foram calculadas, pelos Preços à vista, sem impostos coletados em São Paulo entre os dias 5 e 13 de Janeiro de 1998 pela revista ABIQUIM – Fevereiro de 1998.

O quilo do sulfato de alumínio é R\$ 0,40 e em solução de 1,0 g / l ficou por R\$ 0,0004

O tanino Líquido em frascos de 1,0 litro fornecido pela TANAC S/A é R\$ 0,62. Em diluição de três partes com água destilada custou R\$ 0,21.

Avaliamos os custos do tanino e do sulfato no tratamento de água pelos quadros 3 e 4 onde para a mesma amostra gastamos 20ml de sulfato de alumínio e 1ml de tanino.

$$20 \text{ ml de sulfato} / 1 \text{ l} \times \text{R\$ } 0,0004 / 1000 \text{ ml} = \text{R\$ } 0,000008$$

$$1 \text{ ml de tanino} / 1 \text{ l} \times \text{R\$ } 0,21 / 1000 \text{ ml} = \text{R\$ } 0,00021$$

$$\text{A relação tanino / sulfato} = 2,6$$

OBS: A quantidade de desinfectante depende do pH e DBO.

O preço do tanino foi maior que o do sulfato de alumínio pois como a fábrica mais próxima localiza-se no sul do País, o transporte aumentou seu custeio. A extração do tanino sendo elaborada no próprio local viabilizará o custo, pois é muito fácil de ser realizada.

CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO

Nas tabelas construídas, verificamos a viabilidade dos taninos vegetais em relação ao sulfato em sua utilização para tratamento de água de abastecimento e esgoto como floculante, proporcionando uma opção para os locais onde ainda não existe nenhum tipo de tratamento ou que deseje incluí-lo.

Nos últimos anos alguns países estão trabalhando para desenvolver resinas de adsorção de metais pesados e de troca iônica para tratamento de águas residuais.

O nosso País está desenvolvendo estudos desse método, como o Instituto de pesquisas Energéticas e Nucleares de São Paulo em parceria com o Instituto de Havana; O nosso trabalho na Escola Nacional de Saúde Pública (Fiocruz) uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto, Universidade Federal do Rio de Janeiro .

Com os resultados obtidos em nossos experimentos apresentados nas tabelas a seguir verificou-se que os taninos vegetais poderão ser utilizados em águas de abastecimentos e esgotos, com processo adequado à formação, tempo e decantação de seus flocos: pequenos, médios, grandes; com aglomerados uniformes, desuniformes; e densos ou não, para um pH ótimo e uniformemente distribuídos.

O preço do tanino em relação ao sulfato de alumínio é caro, porque ainda não é fabricado em larga escala, o transporte aumentou o seu custo e é localizado somente em uma região.

Os taninos vegetais são usados como agentes antimicrobianos em geral fungicidas e antibacterianos, antitermitas, reguladores de crescimento e germinação de microorganismos.

Então o tanino por ser um desinfectante eficaz, diminuirá o custo em relação ao valor do cloro, que é de mais alto valor.

A avaliação oficial da toxidez do tanino é feita pela taxa de mortalidade de trutas, na faixa 0,025 g/l a 0,100 g/l é de 50%, para o tratamento d'água e esgoto não está na faixa tóxica devido a pequena dosagem utilizada, é de 2ml anteriormente diluído em três porções.

O tanino vegetal obteve nos testes realizados grande velocidade de reação; facilidade e simplicidade de manuseio, que interferiram no desempenho da tese em estudo. Com a formação dos grandes aglomerados observamos, que formavam grandes flocos decantando rapidamente, como também pequenos flocos, com excelentes clarificações demonstrados nos quadros de 1 a 17 as análises das amostras do Guandu e esgoto da Fiocruz.

As dimensões dos decantadores, dos processos que realizam os tratamentos das águas de abastecimentos e esgotos podem ser diminuídas devido as reações e decantações serem tão rápidas, viabilizando assim os custos e facilitando os manuseios.

Demonstrando que nem sempre os pequenos flocos são os mais eficientes, dependendo sim de toda a estrutura do processo conforme resultados apresentados nos quadros de 1 a 17, que mostram reduzidos tempos de decantação.

As tabelas 3 e 5 são demonstrativos das melhores clarificações e floculações obtidas em cada análise, onde foi escolhido o jarro com melhor visibilidade da água, tempo de formação e decantação dos flocos, tamanho e uniformidade. E as tabelas 4 e 6 são os valores percentuais de eficiências analisados e calculados, pelas diferenças analíticas das águas brutas e tratadas em relação com as tratadas pelo percentual. As eficiências calculadas foram os percentuais de realizações dos tratamentos simulados com taninos vegetais comparados com as amostras brutas de cada jarro escolhido por melhores floculações e clarificações (pH e dosagens ótimas).

VI.1 GUANDU

V.1.1 Resultados – Ótimos (Tabela 3)

Os resultados ótimos foram os parâmetros observados e analisados no laboratório: visibilidade da água, aparência inicial do floco, tempo de formação e decantação e o sobrenadante. As condições dos flocos mais aconselháveis foram os mais densos, distribuição uniforme e decantação rápida.

Os valores parametrais analisados estiveram dentro dos padrões acima estabelecidos com floculações e clarificações melhores que com sulfato de

alumínio (quadros 3 e 4) como também com sulfato e tanino juntos (quadros 9 e 10).

Tabela 3 - Resultados ótimos parâmetros observados e analisados de cada amostra do Guandu.

TABELA 3

Quadros	Cor UH	TurbidezUT	DQO ml/l	Local de coleta
(Q3) TANINO (*)	0	0	3,32	Área de captação
(Q8) TANINO	30	2,0	51	Área de captação 500m
(Q10) TANINO (***)	15	2,0	40	Área de captação 500m
(Q6) TANINO (**)	30	3,4		Fora da área de captação
(Q5) SULFATO + TANINO (**)	0	0	48	Fora da área de captação
(Q7) SULFATO + TANINO	5,1	0,7		Fora da área de captação
(Q9) SULFATO + TANINO (***)	30	5	10,2	Área de captação 500m
(Q4) SULFATO DE ALUMÍNIO (*)	0	0,8	9,96	Área de captação

OBS: NÚMEROS DE ' * ' IGUAIS FORAM ANÁLISES REALIZADAS COM A MESMA AMOSTRA.

VI.1.2 Eficiência (%) do Tanino (Tabela 4)

As eficiências foram calculadas pelas diferenças analíticas das águas brutas (AB) com as tratadas (AT) relacionadas com as amostras brutas (AB) multiplicadas pelo percentual. Na área de captação as eficiências foram maiores, onde o tanino mostrou ser mais efetivo. (%) = $\frac{AB - AT}{AB} \times 100$)

Tabela 4 - Eficiências calculadas dos resultados ótimos parâmetros analisados de cada amostra do Guandu.

TABELA 4

Quadros / Flocculante	Cor%	Turbidez%	DQO%	Local de coleta
(Q3) TANINO (*)	100	100	97,4	Área de captação
(Q8) TANINO	85	88	64,4	Área de captação 500m
(Q10) TANINO (***)	92,8	79,2	73,3	Área de captação 500m
(Q6) TANINO (**)	75	2,8		Fora da área de captação
(Q5) SULFATO + TANINO (**)	100	100	80,7	Fora da área de captação
(Q7) SULFATO + TANINO	95	80		Fora da área de captação
(Q9) SULFATO + TANINO (***)	85	58	93, 2	Área de captação 500m
(Q4) SULFATO DE ALUMÍNIO (*)	100	86,7	92,1	Área de captação

OBS: NÚMEROS DE ' * ' IGUAIS FORAM ANÁLISES REALIZADAS COM A MESMA AMOSTRA.

VI.2 ESGOTO DA FIOCRUZ

VI.2.1 Resultados – Ótimos (Tabela 5)

Os resultados ótimos foram os parâmetros observados e analisados no laboratório: visibilidade da água, aparência inicial do floco, tempo de formação e decantação e o o sobrenadante. As condições dos flocos mais aconselháveis foram os mais densos, distribuição uniforme e decantação rápida.

Estas amostragens foram coletadas no mesmo local, em dias diferentes. Como já comentamos é um esgoto instável por ser orgânico e industrial. Por isso que os dados analíticos sofreram bastante alterações devido a

quantidade de matérias orgânicas e inorgânicas lançadas no efluente da Fiocruz em tempos diferentes, dependendo do processo da indústria farmacêutica.

Tabela 5 - Resultados ótimos parâmetros observados e analisados de cada amostra da ETE Fiocruz.

TABELA 5

ENSAIO		COR UH	TURBIDEZ UT	DQO MI/I	DBO MI/I
(Q12)	Tanino (Água Bruta)				13,5
(Q13)	Tanino (Água Bruta)	20	1,4	9,96	20
(Q13)	Fiocruz (Água Tratada)	40	17	20,6	24
(Q14)	Tanino (Água Bruta)	15	3,5	61,4	
(Q14)	Fiocruz (Água Tratada)	30	0,8		

(Q14)	Anaeróbio (Água Tratada)	80	25	92	
(Q15)	Fiocruz / Tanino (Água Tratada)	0	0,2	41,5	22,5
(Q 16)	Tanino (Água Bruta)	0	0,2	80	12
(Q16)	Fiocruz (Água Tratada)	10	12	130	34,5
(Q 17)	Tanino (Água Bruta)	40	2,1		
(Q 17)	Fiocruz (Água Tratada)	10	12	130	34,5

Os quadros demonstram a comparação da análises realizadas com tanino e aeração prolongada da Fiocruz com coletas feitas no mesmo momento.

VI.2.2 Eficiências do Tanino (Tabela 6)

Todas as análises elaboradas com tanino obtiveram floculações e clarificações melhores, que o anaeróbio e aeração prolongada com exceção do quadro quatorze onde a turbidez do tratamento da Fiocruz causou melhor eficiência. As eficiências foram calculadas pelas diferenças analíticas das águas brutas (AB) com as tratadas (AT) relacionadas com as amostras brutas (AB) pelo percentual ($\% = \frac{AB - AT}{AB} \times 100$).

Tabela 6 - Eficiências calculadas dos resultados ótimos parâmetros analisados de cada amostra do esgoto Fiocruz.

TABELA 6

QUADRO / TRATAMENTO		COR %	TURBIDEZ%	DQO%	DBO%
(Q12)	Tanino (Água Bruta)				96
(Q13)	Tanino (Água Bruta)	85,7	95,5	96	83,3
(Q13)	Fiocruz (Água Tratada)	71,4	45,2	92	80
(Q14)	Tanino (Água Bruta)	92,8	89,1		
(Q14)	Fiocruz (Água Tratada)	85,7	97,5		
(Q14)	Anaeróbio (Água Tratada)	62	22		
(Q15)	Fiocruz / Tanino (Água Tratada)	100	83	84	35
(Q 16)	Tanino (Água Bruta)	100	93,7	78,1	97,3
(Q16)	Fiocruz (Água Tratada)	90	62,5	64,5	92,3
(Q 17)	Tanino (Água Bruta)	60	93,4		
(Q 17)	Fiocruz (Água Tratada)	90	62,5	64,5	92,3

Os quadros demonstram a comparação da análises realizadas com tanino e aeração prolongada da Fiocruz com coletas feitas no mesmo momento.

RESUMO FINAL

Este trabalho de pesquisa é uma alternativa para tratamento d'água de abastecimento e esgoto, que busca a redução do índice de doenças infecto-contagiosas e por metais, para que as populações de diversos locais do Brasil e do mundo tenham uma melhor qualidade de vida, com aumento da economia local com uma exploração efetiva das árvores tanantes regionais, onde o Brasil tem a maior reserva mundial.

O coagulante mais utilizado nas ETA's é o sulfato de alumínio, mas por ser altamente tóxico é causador de efeitos neurotóxicos, devido a nossa prolongada exposição ao alumínio.

As nossas análises para tratamento de água e esgoto com taninos vegetais foram testadas na água de abastecimento do Guandu e esgoto da Fiocruz, onde desenvolvemos um trabalho de fácil manuseio, com menor índice de toxidez

comparado com o sulfato de alumínio. Através dessas análises verificamos suas eficiências nas reduções da turbidez, cor, DQO e DBO de 65 a 100%.

A nossa pesquisa foi realizada por dezessete baterias com seis amostras do Guandu (quadros de 1 a 10) e cinco do esgoto da Fiocruz (quadros de 11 a 17) no teste do jarro, simulador de tratamento de água.

Escolhemos o pH (7,0 a 8,7) e dosagem ótima (1,0 a 2,0 ml) de melhor clarificação; flocos mais resistentes, uniformes e bem distribuídos, o que acarretou a viabilidade por não ser tóxico, rápida decantação e fácil tratabilidade na execução.

Obteremos um ambiente mais saneado tanto da água de abastecimento como de esgoto, pois um tratamento está relacionado ao outro para saúde pública devido a transmissão de germes patogênicos, garantindo assim uma vida saudável para todas comunidades que estão necessitando de uma alternativa econômica e eficiente.

CAPÍTULO VII - BIBLIOGRAFIA

1. AGENDA 21, Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro -1995.
2. ANTUNES, P. B. Curso de Direito Ambiental–Doutrina, Legislação, Jurisprudência. Editora Renovar. 2^a edição. Rio de Janeiro. 1994.
- 3 . ANUSZ L., Química Tecnológica Orgânica - Tese de concurso à livre docência, Escola de Engenharia do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – 1996
- 4 . BABBITT H. et al, Abastecimento de Água Ed. Universidade de São Paulo, São Paulo -1967.

5. BESSA, MARCELO. Avaliação da Qualidade da água consumida no Parque Fluminense - Enfoque para metais – Fe, Mg, Zn, Cl, Ni e Al - Duque de Caxias. Tese de Mestrado - Fiocruz, Rio de Janeiro – 1997.
6. BERNARDO L. D., Métodos e técnicas de tratamento de água - ABES
Rio de Janeiro -1993.
7. ARGAMAM & KAUFMAM – Balanceamento entre Água Potável e Esgotamento Sanitário - ABES, Rio de Janeiro -1998.
- 8 . BRAILE P. M. Dicionário Inglês / Português de Termos Técnicos de Ciências Ambientais - CNI/SESI, Rio Janeiro -1992.
- 9 . CAMP T. R., Floc Volume Concentration - Boston,1968.
- 10 . CEDAE. Novo Sistema Guandu e o Esquema Geral de Tratamento e Abastecimento de Água, Rio de Janeiro - 1997.
- 11.CYNAMON, S. E. Sistema não convencional de esgoto sanitário a custo reduzido para pequenas coletividades e áreas periféricas. Ensp/Fiocruz, Rio de Janeiro -1986.
12. DACHA, M. G. Sistemas urbanos de esgoto. Guanabara, Rio de Janeiro - 1984.
- 13 . D'AQUILA, P. S de et al. Pseudomonas Aeruginosa como indicador em análises bacteriológicas de água de abastecimento público - Tese de Mestrado - Fiocruz, Rio de Janeiro -1996.
14. DA HANG SI E JERSEY J. GANCZASCZVS.Stroboscopic Determination of Settling Velocity, Size and Parasity of Activated Sludge Flocs - 1985.
15. DESA / UFMG,Manual de Saneamento e proteção Ambiental para os Município - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Município de BH -1996.

16. DMAE. Da Captação à Distribuição - Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Porto Alegre -1997.
17. DUTRA C., Avaliação do potencial de actinomicetos no trabalho de efluentes de Indústrias que processam madeira - Tese de Mestrado - UFRJ, Rio de Janeiro -1997.
18. ECKELFELDER, W.W. e FORD, D. J. Water pollution control. Experimental procedures for process design. 1970.
19. ENSP – Estudo dos Efluentes de Laboratório da Fiocruz - Fiocruz / Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro – 1985.
20. ETHERINGTON E ROBERT. A Dictionary of Descriptive Terminology -Bookbinding and the Conservation of Books. 1997.
- 21 . FEEMA, Manual de análises de água e esgoto, Rio de Janeiro -1983.
- 22 . FEEMA, Critérios e Padrões para lançamento de efluentes líquidos - Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem, Rio de Janeiro - 1978.
- 23 . FEEMA – industrial –1986 e Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem não industrial, Rio de Janeiro –1991.
- 24 . FEEMA, Manual do Meio Ambiente Sistema Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP, Rio de Janeiro - 1979.
- 25 . FELTRE R. Química Orgânica – Ed. Moderna, Rio de Janeiro - 1997.
- 26 . FERREIRA, A M. Mercúrio: descontaminação ambiental por aguapé. Escola Técnica Federal de Química do Rio de Janeiro. XV Semana de Química, Rio de Janeiro - 1995.

- 27 . FIEKJA M. et al, Água Tratamento e Qualidade - Effect of Aluminium Hydroxide Administration on Normal - American Water Works Association, Varsóvia – Polônia – 1996.
- 28 . FILHO. D. F. S., Tecnologia de Tratamento de Água. ED. Nobel, Rio de Janeiro - 1987.
29. FORMAGGIA, D. M. E. et al. ; “Portaria 36 GM de 19/01/90 Necessidade de Revisão”. – Revista Engenharia Sanitária e Ambiental da ABES - Rio de Janeiro, Abril / Junho 1996.
- 30 . GENDA A. “ Coagulação” – PETROBRÁS / REDUC – Rio de Janeiro 1991.
- 31 . HELLER L., Saneamento e Saúde, OPAS / OMS - Brasília, 1997.
- 32 . LAMB, L. e PEREZ, M. E. “ Tanino - Sulfato de Alumínio”, Montenegro-RS - 1996
- 33.LAURENZE,R. ÁRVORES BRASILEIRAS, RIO DE JANEIRO -PLANTARUM – 1995
34. LEME F. P. Engenharia do Saneamento Ambiental. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro -1984
- 35 . LIBÂNIO, M. et al. “ Avaliação do Modelo de Argaman & Kaufman na estimativa do desempenho de unidades de floculação aplicadas ao Tratamento das Águas de Abastecimento” – ABES - Rio de Janeiro – Abril / Junho 1996.
- 36 . LIMA V. P. S., Banco do Nordeste do Brasil S.A., Fruteiras uma Opção ara o Reflorestamento, Pernambuco - 1984
- 37 . MACEDO e BRANCO Z. C., Água Tratamento e Qualidade Americam Water Works Association – Centro de Publicações Técnicas da Aliança, Rio de Janeiro -1964.
38. MANFRINI C. ,operação e Manutenção de Estações de Tratamento de Água. Universidade de São Paulo, São Paulo -1965.

- 39 . Manual Técnico Tigre, “Orientações Sobre Instalações Hidráulicas e Sanitárias”, Rio de Janeiro -1998.
- 40 . MARTINEZ, F. L. “Taninos Vegetais e suas aplicações”. Universidade de Havana/Cuba. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Outubro de 1996.
- 41 . MARTINEZ F. et al ,Resinas de taninos vegetais para a remoção de metais C.- 1997 Havana – Cuba Universidade de Havana
42. MEIRELES, L. P A Estação de Tratamento de Esgotos da Penha, Rio de Janeiro -1988.
- 43 . MIRANDA, C. A. de , “ Método de Análises de água e Esgoto em Laboratório”- Fiocruz / ENSP – Rio de Janeiro. 1997.
- 44 . MIRANDA e ROQUE O. et al, Análises Químicas, Físicas e bacteriológicas da água – Fiocruz / ENSP, Rio de Janeiro -1988.
- 45 . MONTEIRO, T. C. N. Saneamento e Saúde nos Países em Desenvolvimento. Projeto Integrado Saúde, Sanemaneto Ambiental e Condições de Vida na Área de Implementação do Complexo Industrial Portuário de Sepetiba. CC e P Editores, Rio de Janeiro -1997.
- 46 . NENO e YAMAMOTO, Estudos de Física. Ed. Moderna, São Paulo -1982.
47. NETO A .Tratamento de Água de Abastecimento – Editora Universidade de São Paulo, São Paulo, 1966
- 48 . NEVES A.Tecnologia de Tratamento de água – Almeida Neves Editores LTDA, Rio de Janeiro - 1976.
49. OPAS. A Água na América Latina. Semana Interamericana da Água -1996.

- 50 . PELLINI G. et al, - “Separação Via Cromatografia líquida de alta performance (HPLC) dos compostos fenólicos do tanino”. Universidade do Rio Grande de Sul, Porto Alegre -1995.
- 51 . PETROBRÁS, Vocabulário Básico de Meio Ambiente – Serviço de Comunicação Social da Petrobrás, Rio de Janeiro -1990.
52. Pró-Vacina – Centro de Imunizações. 1996. Situação Brasileira. Rio de Janeiro –1998.
- 53 . RAMOS. A M. U. Desinfecção. Fiocruz / ENSP , Rio de Janeiro -1996.
- 54 . RUSSEL, F. et al Explicit Mathematical Models of Distribution Storage Water Quality - Journal of Hydraulic Engineering, 1995
55. SABESP, Controle de Qualidade das águas de abastecimento público, São Paulo -1975.
56. SAHLIT S., Curso de Engenharia de Meio Ambiente - Petrobrás / Detran, Rio Janeiro –1990.
- 57 . SCHINIFF J. P., Nuevos Desafios para Potabilización del Agua, Eco Web, Buenos Aires -1996.
- 58 . SEARS / ZEMANSKY, Física Eletricidade, Magnetismo e Tópicos de Física Moderna Vol. 3 – Editora Livros Técnicos e Científicos S.A., Rio de Janeiro- 1977.
59. SESAN, Manual de Saneamento, Rio de Janeiro -1996.
60. SOUSA D. J. R., Hidrotécnica / Hidrologia/Reservatório de Estiagem

Escola de Engenharia da UFRJ, Rio de Janeiro – 1984.

61. Standard Methods for de examination of Water and Wastewater
14^o edição, Washington -1985.

62 . USP, Vegetação Econômica Brasileira. Universidade do Estado de São Paulo,
São Paulo -1954.

63 . VIANNA M. R. Hidráulica Aplicada às Estações de Tratamento de Água
Imprimatur, Artes Ltda, Rio de Janeiro -1997