

“Por alguns séculos, o mundo ocidental considerou a natureza como um fenômeno material não ligado à consciência humana e barrou a percepção da inteligência oculta à nossa volta. Em décadas recentes, fomos forçados a reconhecer nossa dependência e nossa interligação com todos os povos e com a natureza. Talvez os próximos passos para nós, sejam despertados a antiga percepção da inteligência viva, inerente à natureza, e aprendermos a cooperar com ela para o bem do planeta e de todos os povos”.

SHIRLEY NICHOLSON

DIAGNOSTICO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE NATAL, RIO GRANDE DO NORTE¹.

ZENÓBIO VIEIRA DA CÂMARA²

FABRÍCIO CAMACHO³

RESUMO

O presente trabalho tem por escopo trazer à luz relevantes questões acerca do tratamento de esgotos sanitários, especialmente voltado para o âmbito do município de Natal, no Rio Grande do Norte.

Sabe-se que os processos de tratamento dos esgotos são desenvolvidos por um conjunto de operações individuais aplicadas para a retirada de substâncias indesejáveis, ou para sua transformação em formas aceitáveis, ou, pelo menos, menos danosas, ao meio ambiente, especialmente aquático.

Esse tratamento é comumente considerado através dos seguintes níveis: preliminar, primário, secundário e terciário, sendo o secundário o mais aplicado na cidade objeto de estudo.

A relevância do tema, nomeadamente para as questões de saúde pública, motivou os seus estudo e análise mais aprofundada por este artigo científico.

As informações trazidas a este texto tem base eminentemente teórica, e de observações nas estações de tratamento da empresa responsável pelo tratamento de águas residuárias no município de Natal, bem como em todo o estado do Rio Grande do Norte, qual seja, a Companhia de Aguas e Esgotos do Rio Grande do Norte –CAERN.

Com os estudos e análises realizadas, chegou-se a conclusão de que a compreensão das relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente constitui etapa inicial e importante no desenvolvimento de um modelo de planejamento de sistemas de abastecimento de agua e de esgotamento sanitário. Em termos de planejamento, a identificação e análise dos efeitos advindos da implementação de determinado sistema, seja ele de agua ou esgoto, deve conferir meios para se estabelecer certa ordem de prioridades e apontar o direcionamento mais adequado das ações, uma vez que cada população a ser beneficiada possui características distintas e nem sempre as ações de saneamento podem ser orientadas da mesma forma.

Palavras chaves: Tratamento de esgoto doméstico. Meio ambiente. Natal, Rio Grande do Norte.

¹ Artigo apresentado no Centro Universitário do Rio Grande do Norte-UNI/RN, como parte dos requisitos para obtenção de título de pós-graduação em Gestão e Perícia Ambiental.

² Pós-Graduando em Gestão e Perícia Ambiental.

³ Orientador: Mestre em Biologia Aquática. Professor do Centro Universitário do Rio Grande do Norte-UNI/RN.

ABSTRACT

The present work aims to bring to light important issues about the treatment of sanitary sewage, especially focused on the scope of the city of Natal, Rio Grande do Norte.

It is known that the sewage treatment processes are developed by a set of individual operations applied to the removal of undesirable substances or their transformation into acceptable forms, or, at least, less harmful to the environment, especially water.

This treatment is commonly considered through the following levels: preliminary, primary, secondary and tertiary, secondary being the most applied in the city object of study.

The relevance of the topic, particularly for public health issues, motivated the its study and further analysis by this scientific paper.

The information brought to this text is eminently theoretical base, and observations in the treatment plants of the company responsible for the treatment of wastewater in the city of Natal, as well as throughout the State of Rio Grande do Norte, which is the Company of Water and Sewers of Rio Grande do Norte-CAERN.

With the studies and analyses carried out, the conclusion was reached that the understanding of relationships between sanitation, public health and environment is an important initial step in the development of a planning model of water supply systems and sanitation. In terms of planning, identification and analysis of the effects from the implementation of certain system, be it water or sewer, must provide means to establish a certain order of priorities and point the most appropriate targeting of actions, since each population being benefited has distinct characteristics and sanitation actions not always can be oriented the same way.

Key words: Treatment of domestic sewage. Environment. Natal, Rio Grande do Norte.

INTRODUÇÃO

A identificação de Aspectos Ambientais e Avaliação dos Impactos Ambientais como ferramenta de sua mitigação na implantação do Sistema de Gestão Ambiental - SGA em Estações de Tratamento de Esgotos Domésticos - ETE será o tema abordado nesse artigo científico para identificação de Aspectos Ambientais e Avaliação dos Impactos Ambientais, associados às suas possíveis mitigações em ETE. Esse trabalho apresenta medidas potencializadoras e mitigadoras para os Impactos Ambientais decorrentes dos processos físicos e biológicos da ETE, que devem ser entendidos como processo industrial. A importância do seu desempenho ambiental tem repercussões locais, envolvendo solo, ar e corpo d'água que recebe o efluente tratado, pois envolve um dos principais ciclos de vida, que é o da água, fundamental para manutenção da saúde dos seres vivos e pelo equilíbrio ecológico do meio ambiente. Utilizaram-se as ferramentas de fluxograma, lista de verificação das atividades, aspectos e impactos ambientais, matriz de interação e método de "GUT" para priorizar as atividades mais impactantes. Os resultados obtidos foram: contaminação do solo pelos resíduos sólidos, escumas, afluentes e/ou efluentes e lodo; contaminação do lençol freático e/ou corpo hídrico; contaminação do ar por emissões gasosas; incêndio de pequenas proporções e doenças de veiculação hídrica (patogênicos). Verificou-se que, feito um monitoramento adequado no sistema em relação à retirada da espuma, descarte do lodo formado no reator, queima dos gases com folhas verdes para formação de húmus, controle de vazão de chegada, capina constante na vegetação próxima existente e acondicionamento adequado de resíduos, tem-se um equilíbrio entre as atividades de tratamento e o meio físico, biótico, antrópico de modo que a operação do sistema possa ser feita dentro dos padrões estabelecidos pela norma NBR ISO 14004, mitigando-se assim os possíveis impactos ao meio ambiente.

Importância do Tratamento dos Esgotos



Temas

- Poluição da Água
- Níveis de atendimento no Brasil em relação ao esgotamento sanitário
- Aspectos legais aplicados ao tema
- Tecnologias de tratamento de esgotos
- A Nova ETE
- Bibliografia disponível no tema



Poluição da água

Poluição - conceito **Segundo Lei 6.938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente** Degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

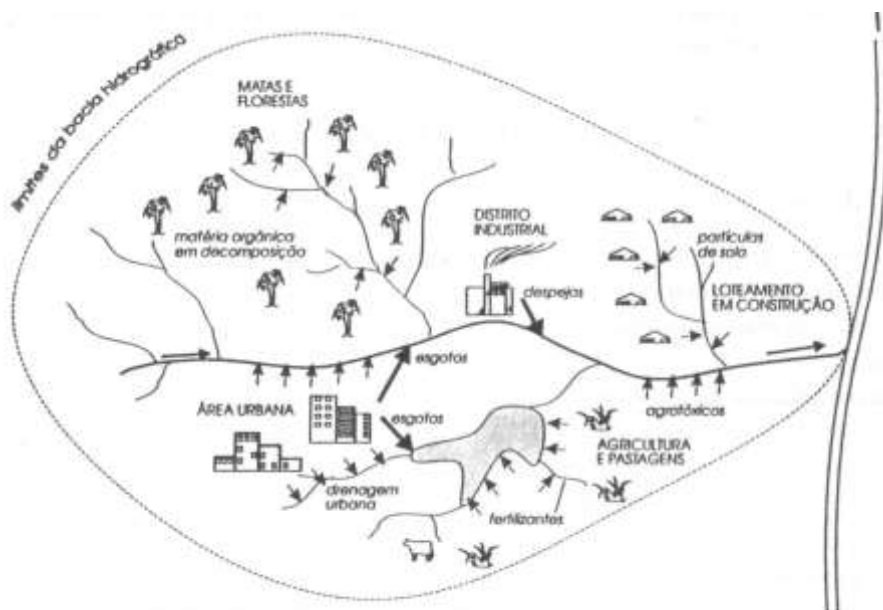
- prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- afetem desfavoravelmente a biota;
- afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e
- lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.



Usos múltiplos da água



Tipos de uso e ocupação do solo



Rotas de uso urbano da água

O gerenciamento dessas rotas, isso é, planejamento, projeto, execução e controle das obras e intervenções necessárias, é fundamental para a garantia da qualidade desejada da água em função dos seus usos previstos. Dentre as fontes de poluição das águas, os esgotos domésticos são os principais responsáveis pela degradação da qualidade dos cursos d'água.



Principais fontes de poluição da água

Meio Urbano



Meio Rural



- Efluentes domésticos;
- Efluentes industriais;
- Resíduos sólidos;
- Pesticidas, fertilizantes e detergentes;
- Carreamento de solo;
- Águas pluviais urbanas;
- Percolação do lixiviado dos depósitos de lixo.

Consequências da poluição da água



- Impactos sobre a qualidade de vida da população;
- Veiculação de doenças;
- Prejuízos aos usos da água;
- Assoreamento;
- Eutrofização;
- Agravamento dos problemas de escassez da água;

- Elevação do custo do tratamento da água;
- Desequilíbrios ecológicos;
- Degradação da paisagem.

Técnicas de controle de poluição das águas

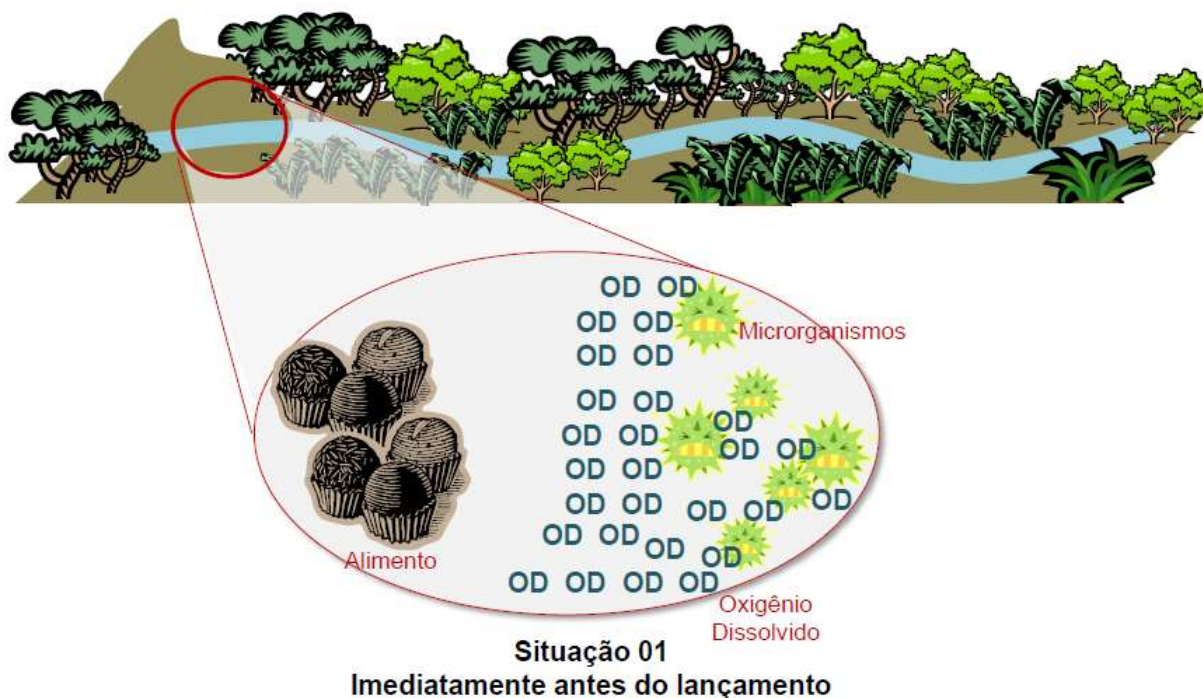
- Coleta e tratamento de esgotos domésticos e industriais;
- Disposição adequada de resíduos sólidos;
- Aplicação controlada de fertilizantes e pesticidas;
- Controle de focos de erosão;
- Remoção de macrófitas e sedimentos;
- Recuperação e revitalização de cursos d'água;
- Controle da retirada de água dos cursos d'água;
- Controle do uso e ocupação do solo.

Autodepuração

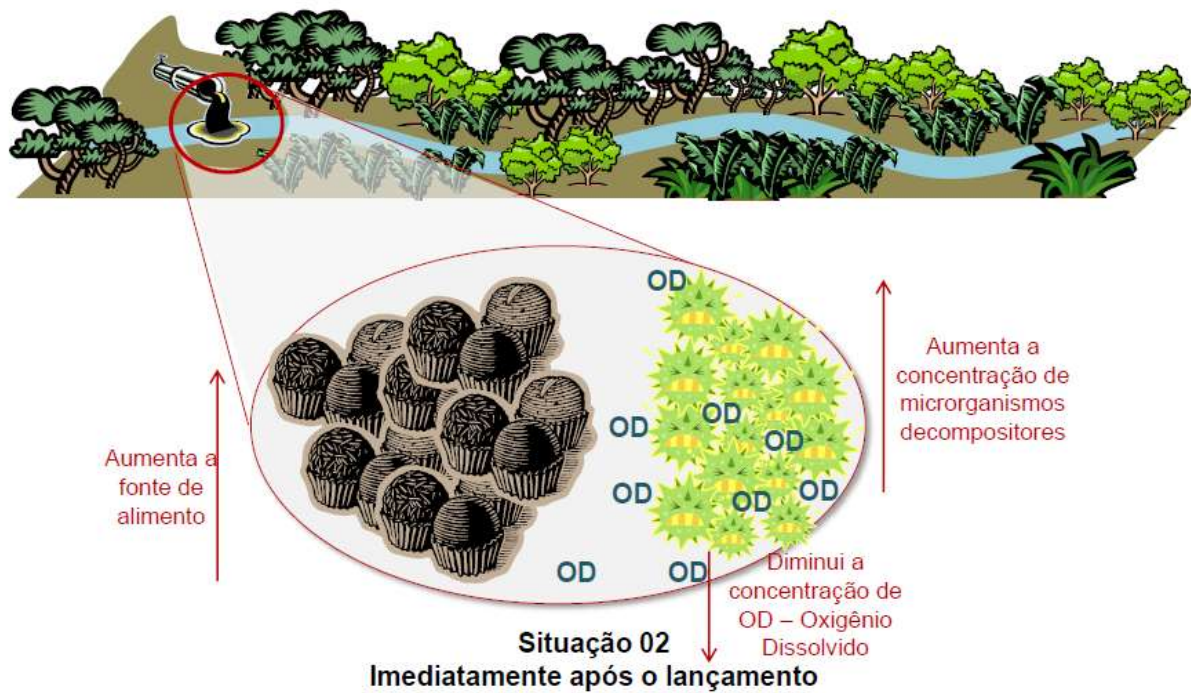
Todos os sistemas aquáticos são capazes de absorver uma certa quantidade de poluição sem que isso lhe cause prejuízos. A habilidade do ecossistema para absorver e degradar a poluição orgânica, através dos microrganismos presentes, constitui a capacidade de autodepuração de um sistema aquático natural.

Impactos do lançamento de efluentes

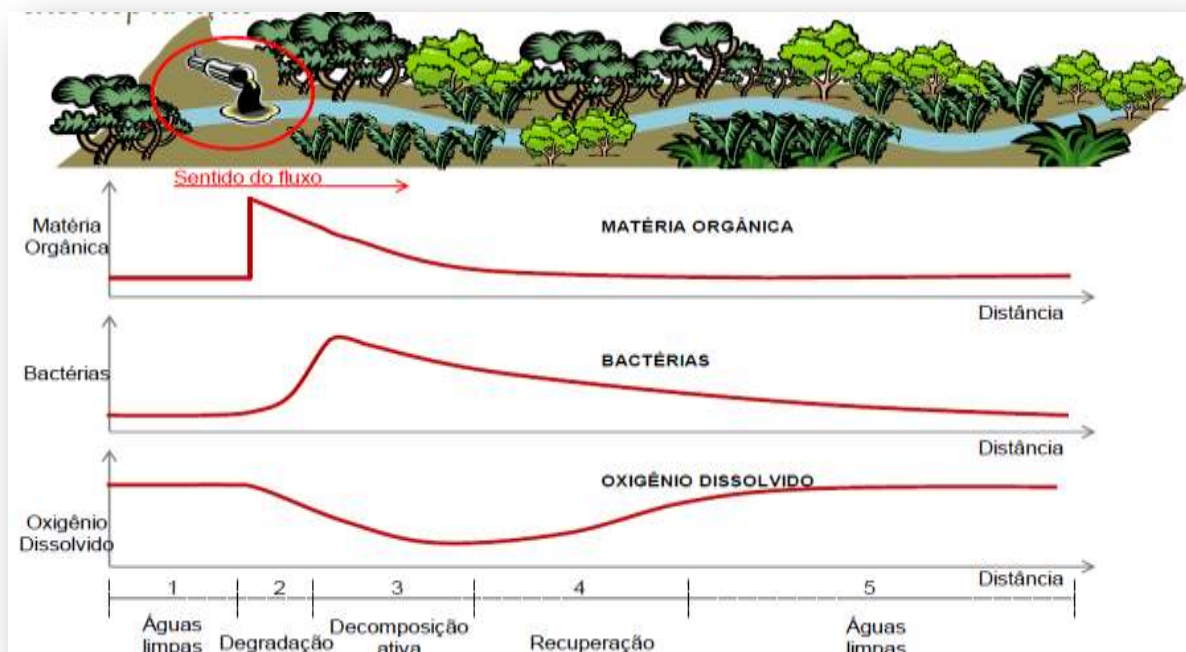
Um dos principais problemas de poluição dos cursos d'água é o consumo de oxigênio dissolvido após o lançamento de esgotos.



Impactos do lançamento de efluentes



Autodepuração

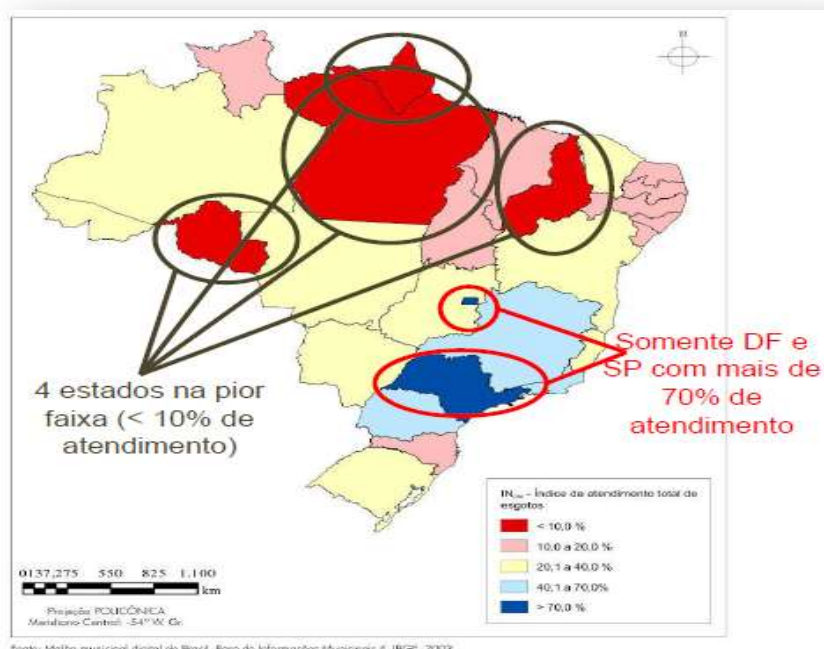


Níveis de atendimento no Brasil em relação ao esgotamento sanitário

Níveis de atendimento com água e esgotos dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2010, segundo região geográfica e Brasil

Regiões	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento dos esgotos gerados (%)
	Água		Coleta de esgotos		
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total
	(IN ₀₅₅)	(IN ₀₂₃)	(IN ₀₅₆)	(IN ₀₂₄)	(IN ₀₄₆)
Norte	57,5	71,8	8,1	10,0	22,4
Nordeste	68,1	87,1	19,6	26,1	32,0
Sudeste	91,3	96,6	71,8	76,9	40,8
Sul	84,9	96,0	34,3	39,9	33,4
Centro-Oeste	86,2	95,3	46,0	50,5	43,1
Brasil	81,1	92,5	46,2	53,5	37,9

Índice de atendimento por rede de coleta de esgotos, segundo os estados brasileiros.



Tecnologias de tratamento de esgotos

- Quais os objetivos do tratamento?
- Qual o nível de tratamento requerido?

- Por que tratar os esgotos?

Tratamento preliminar - Remoção de areia e sólidos grosseiros

Objetivo: Remoção de sólidos grosseiros e areia para proteção do corpo receptor e das unidades da ETE

Processo: Físico

Unidades: Grade de barras, desarenador e medidor de vazão

* Peneiras



Grade de barras



Grades grossas



Grades Finas Mecanizadas



ETE



ETA



ETE

Desarenador



Caixa aerada

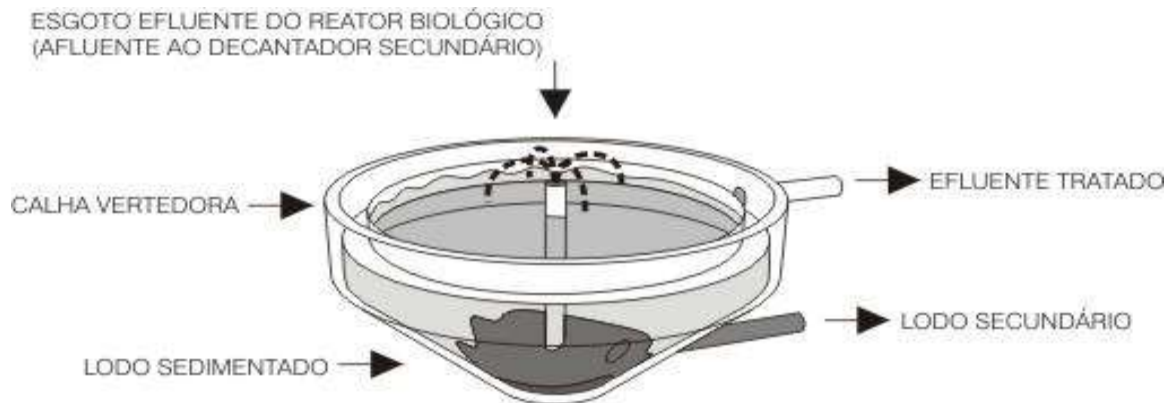


Canal prismático

Calha Parshall



Tratamento primário



DECANTADOR SECUNDÁRIO

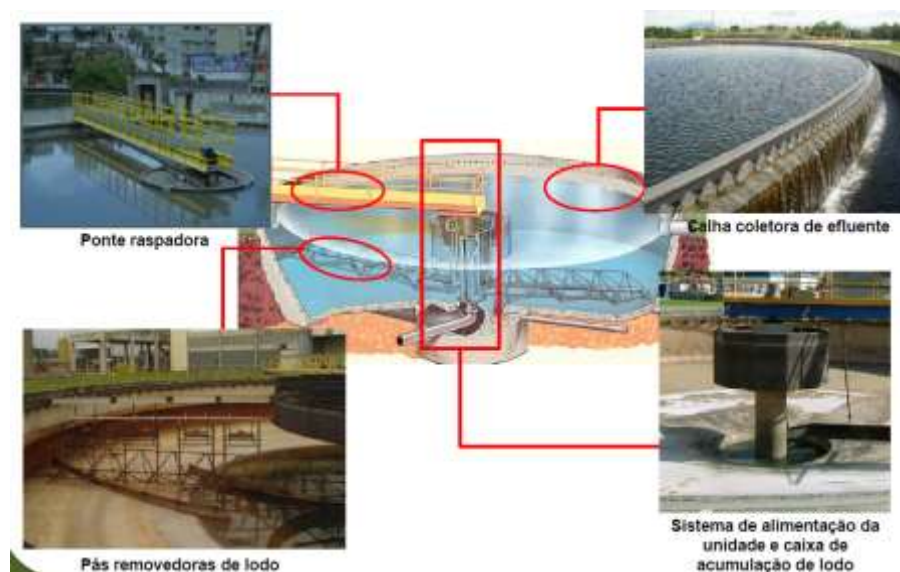
Decantador primário - Remoção de sólidos suspensos.

São unidades de tratamento primário que, que recebem os esgotos provenientes das unidades de tratamento preliminar, isentos dos sólidos removidos naquelas unidades.

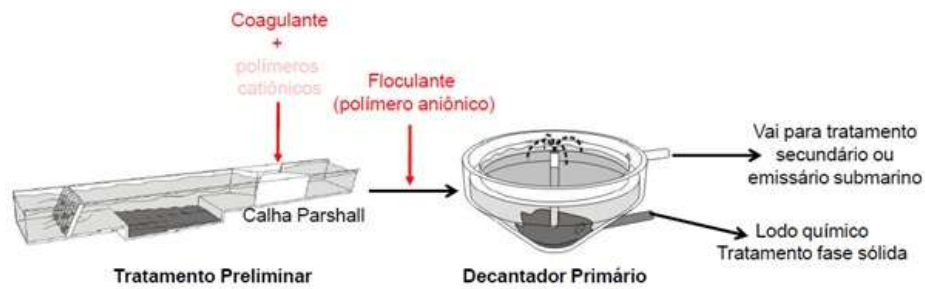
Finalidades de remoção: Remover sólidos sedimentáveis, permitindo que os esgotos sejam submetidos ao tratamento secundário, que tem como objetivo a remoção adicional de MO, em relação aos sólidos dissolvidos.

Eficiência de remoção: SST – 40% a 60%
DBO – 25% a 35%.

Tratamento primário - Remoção de sólidos em suspensão



Tratamento primário quimicamente assistido



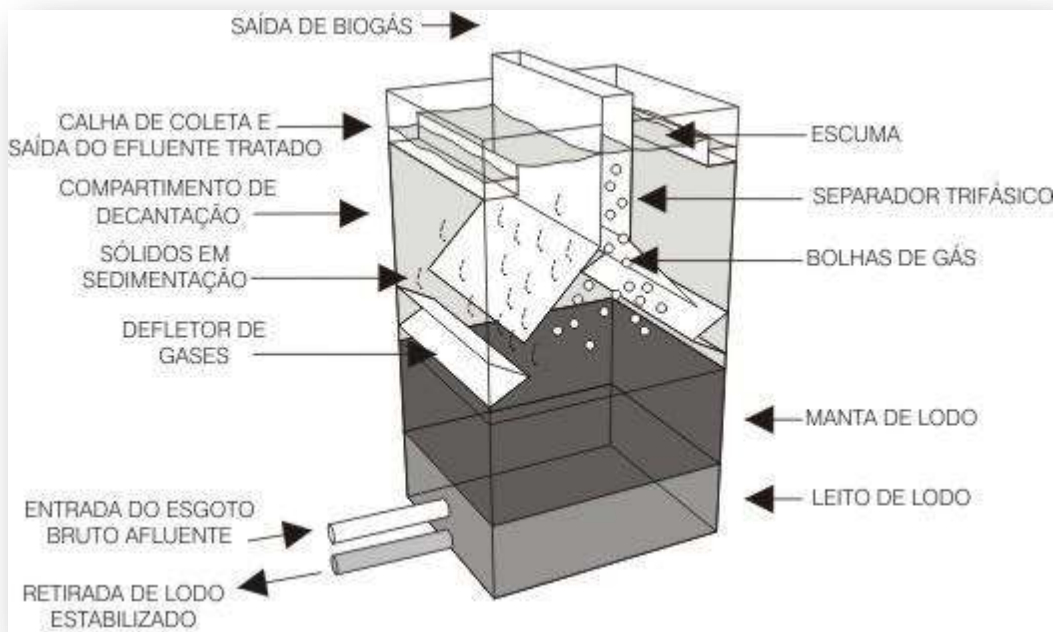
Coagulação (agitação rápida)

Consiste na neutralização das cargas negativas dos colóides através da adição de um produto coagulante, que permitirá a aproximação dessas partículas

Floculação (agitação menos intensa)

Permite o encontro das partículas desestabilizadas e possibilita a formação de flocos de maior tamanho

Tratamento primário - Reator UASB



Vantagens UASB

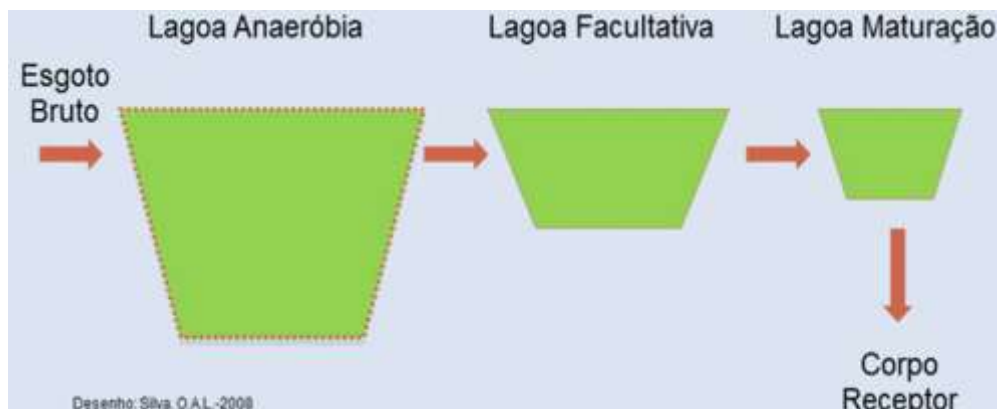
- Sistema compacto com baixa requisição de área;
- Baixo custo de implantação e operação
- Muito baixo consumo de energia elétrica;
- Baixa produção de excesso de lodo;
- O excesso de lodo produzido é estabilizado

Desvantagens UASB

- Alto potencial para formação de H_2S ;
- Baixa capacidade de recebimento de cargas tóxicas;
- O início da operação (start up) necessita de inoculação de lodo;
- Usualmente seu efluente não se enquadra aos padrões de lançamento de efluentes e portanto a unidade requer tratamento complementar.

Tratamento secundário - Processos biológicos com biofilme – FBP

- Podem utilizar material suporte em pedra ou de plástico;
- O ar deve circular livremente nos espaços vazios;
- A matéria orgânica é adsorvida pelo biofilme, ficando retida tempo suficiente para a sua estabilização;
- Não caracterizam o processo de filtração;
- Não necessita de lavagem para remoção do biofilme. Este se desprende naturalmente: velocidade de escoamento, perda de capacidade de adesão em função da respiração endógena nas camadas mais internas, “explosão em função dos gases produzidos e acumulados na camada anaeróbia;
- Necessidade de decantador secundário para remoção do lodo desprendido do meio suporte;
- Alcançam eficiência de remoção de DBO em torno de 90%.



Processos com biomassa suspensa – Lodo ativado

Sistemas de lodos ativados e variantes

O processo de lodos ativados é bastante utilizado em situações em que se deseja uma elevada qualidade do efluente com baixos requisitos de área. No entanto, a complexidade operacional, o nível de mecanização e o consumo energético são mais elevados, quando comparados aos outros processos de tratamento.



Tanque de aeração

Vantagens

- Maior eficiência de tratamento – em relação à DBO, apresenta efluente com concentração entre 20 e 30 mg/l;
- Maior flexibilidade de operação;
- Menor área ocupada.

Desvantagens

- Operação mais delicada;
- Necessidade de completo controle de laboratório;
- maior custo de operação;
- maior custo de implantação.

Processos com biomassa suspensa - Lodo ativado



Lagoas de estabilização



ETE Pendências, Pendências/RN



ETE Ponta Negra, Natal/RN

A Nova ETE

O que o projetista deve levar em consideração...

- Exigências tecnológicas;
- Exigências da economia;
- Anseios da comunidade;
- Preocupação com a operação;
- Preocupação com odores, estética, custo, consumo de energia elétrica.

Exigências Tecnológicas

- Uso de novos materiais —————> Meio suporte plástico.
- Instrumento e automação —————> Grades e decantadores mecanizados, medidores ultrassônicos, sala de operação, equipamento de controle.
- Baixa produção de lodo —————> Lodo estabilizado ou não remoção.
- Operacionalidade —————> Atividades de operação.
- Maior remoção de matéria orgânica —————> Desempenho x custo e área.
- Maior eficiência na remoção de —————> Terciário – Lagoas ou desinfecção. organismos patogênicos
- Simplicidade construtiva —————> Custo e tempo de obra.
- Simplicidade operacional —————> Custo e facilidade.
- Flexibilidade operacional —————> Veraneio, águas pluviais, crescimento, etc.

Exigências da economia

- Baixo consumo energético —————> Evitar aeradores, agitadores, elevatórios.
- Melhor relação custo/benefício —————> Não necessariamente a maior eficiência.

- Otimização dos custos de investimento e operacionais —————> Compensação dos custos na implantação ou na operação.
- Menor custo de construção —————> UASP, FBP, lagoas.
- Menor custo de operação —————> UASP, FBP, lagoas.

Anseios da comunidade

- Redução da área ocupada —————> Ponto negativo para lagoas.
- Disposição final de lodo com segurança —————> Levar em consideração o tratamento da fase sólida.
- Controle de odores —————> Ponto negativo para UASB, controlável.
- Redução de impactos ambientais —> Monitoramento de águas subterrâneas e atmosfera.
- Aceitação pelo público —————> Participação do público nas decisões e educação ambientais.
- Melhoramento da qualidade do corpo receptor —————> Participação em programas de despoluição, decisão no âmbito da bacia, CONAMA 357 e 430.
- Melhoria nas condições de saúde —> Preocupação com atendimento e crescimento populacional.

Tratamento Terciário

Normalmente antes do lançamento final no corpo receptor, é necessário proceder à desinfecção das águas residuárias tratadas para a remoção dos microrganismos ou, em casos especiais, à remoção de determinados nutrientes, tais como o nitrogênio e fósforo, que podem potencializar, isoladamente e/ou em conjunto, a degradação dos corpos d'água. Essa etapa de remoção de microrganismos e nutrientes do esgoto chama-se tratamento terciário. Formas de tratamento terciários são:

1) Desnitrificação: requer condições anóxicas (baixa concentração de oxigênio) para que as comunidades biológicas apropriadas se formem. A desnitrificação é facilitada por um grande número de bactérias. Métodos de filtragem em areia, lagoa de polimento, etc. pode reduzir a quantidade de nitrogênio. O sistema de lodo ativado, se bem projetado, também pode reduzir significativa parte do nitrogênio;

2) Remoção de fósforo: pode ser feita por precipitação química, geralmente com sais de ferro (ex. cloreto férrico) ou alumínio (ex. sulfato de alumínio). O lodo químico resultante é difícil de tratar e o uso dos produtos químicos torna-se caro. Apesar disso, a remoção química de fósforo requer equipamentos muito menores que os usados por remoção biológica;

3) Desinfecção: pode ser através do método de cloração (o de menor custo e de elevado grau de eficiência em relação a outros), ozonização (bastante dispendiosa), radiação ultra-violeta (não é aplicável a qualquer situação) que também reduzem significativamente a emissão de odores em estações de tratamento de esgoto.

Tratamento de Sub-produtos

Os subprodutos sólidos gerados nas diversas unidades de tratamento, tais como: material gradeado, **areia**, **escuma** e **lodo** devem ter um tratamento apropriado que inclui etapas de adensamento, estabilização, condicionamento, desidratação e/ou disposição final.



ETE Ponta Negra, Natal/RN



ETE DIN, Natal/RN



ETE São José do Seridó, São José do Seridó/RN

Tipo de tratamento mais adotado pela CAERN

A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte - CAERN tem como uma de suas missões a coleta e o tratamento dos esgotos. O sistema predominante de tratamento de esgoto utilizado pela Companhia é com lagoas de estabilização. Essas em geral realizam tratamento a nível secundário e são consideradas a forma mais simples para o tratamento dos esgotos, podendo ser construídas isoladas ou em série. As principais vantagens das lagoas de estabilização são:

- 1) Elevada eficiência para reduzir matéria orgânica (70 a 80%) e patogênica (> 90%);
- 2) Não requer mão-de-obra especializada para operação;
- 3) Apresenta baixo custo operacional.

Atualmente a CAERN opera em todo o Estado um total de 60 estações de tratamento de esgoto (ETE's) do tipo lagoas de estabilização.

Ações de Operação e manutenção de Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) como Gerenciamento inadequado do lodo e sobrenadante provenientes do tratamento dos efluentes de SES, podendo causar

Poluição de corpos hídricos, por excesso de nutrientes e **patógenos**³¹, que por sua vez pode resultar em: **Perdas de recursos naturais**, a eutrofização pelo excesso de nutrientes resultantes do lodo de Estação de Tratamento de Efluentes - ETE etc pode gradualmente causar perda da qualidade da água e perda de recursos naturais como peixes, moluscos, crustáceos e outros seres aquáticos. Este impacto, por sua vez pode resultar em: **Interferências em áreas sensíveis ou protegidas**, perda do equilíbrio natural dos ecossistemas aquáticos ocasionada pela poluição desencadeada pelo excesso de nutrientes e outros elementos no lodo de ETE. Este impacto pode resultar em: **Perturbação da população local**, **Perturbação da fauna aquática** e agravar a **Perda de recursos naturais**.

Perturbação da fauna aquática, a perda de recursos naturais como deterioração da qualidade da água (ex. déficit de oxigênio) e perda de determinados grupos faunísticos e florísticos mais sensíveis à poluição pode ocasionar em perturbação e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) de fauna aquática. Este impacto pode, por sua vez resultar ou agravar a: **Perda de recursos naturais** (fauna) e a **interferência em áreas ambientalmente sensíveis**, que, por sua vez pode causar **Perturbação da população local** que utiliza, por motivos econômicos e de subsistência, os recursos naturais do corpo d'água afetado.

Perturbação da população local, pela perda de recursos naturais como água de qualidade para consumo e outros usos e perda de recursos faunísticos como peixes. Este impacto pode evoluir para **Danos à saúde e bem-estar** da população por motivos de estresse.

Degradação hídrica, pela perda gradual da qualidade da água acelerando o processo de eutrofização e que ao longo do tempo, caso não cesse a fonte de poluição, pode inviabilizar corpos d'água para os diversos usos a que se destinam. Este impacto pode resultar em: **Perturbação da fauna aquática**, a degradação hídrica como deterioração da qualidade da água e perda de determinados grupos faunísticos e florísticos mais sensíveis à poluição pode ocasionar em perturbação e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) de fauna aquática. Este impacto pode, por sua vez resultar ou agravar a: **Perda de recursos naturais (fauna)** e a **interferência em áreas ambientalmente sensíveis**, que, por sua vez pode causar **Perturbação da população local** que utiliza, por motivos econômicos e de subsistência, os recursos naturais do corpo d'água afetado.

Interferências em áreas sensíveis ou protegidas, perda do equilíbrio natural dos ecossistemas aquáticos ocasionada pela degradação (eutrofização) desencadeada pelo excesso de nutrientes e outros elementos no lodo de ETE. Este impacto pode resultar em: **Perturbação da população local**, **Perturbação da fauna aquática** e agravar a **Perda de recursos naturais**.

Veiculação hídrica de doenças, que, por sua vez pode resultar em **Perturbação da população local** e **Danos graves à saúde e bem-estar da população local**. Este último, por sua vez, pode agravar o estado de **Perturbação da população local**.

Proliferação de pragas e vetores, que, por sua vez, pode resultar em **Perturbação da população local**, **Perturbação da fauna aquática**, **Interferências em áreas sensíveis ou protegidas** e **Veiculação de doenças infecto-contagiosas**. Este último, por exemplo, pode resultar em **Perturbação da população local** e em **Danos graves à saúde e bem-estar da população local**.

Geração de odores fétidos, que pode ser através da fermentação do próprio lodo de ETE como pelo avanço do processo de eutrofização de corpos d'água e acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos que acarretará na liberação de odores fétidos causados pelo gás metano (CH₄) e ácido sulfídrico (H₂S). Este impacto, por sua vez pode causar **Danos à saúde e bem-estar da população**, pois esses gases são tóxicos se inalados e também pode resultar em **Perturbação da população local**. Este último pode evoluir para **Danos à saúde e bem-estar** pelo estresse gerado.

Perda de recursos naturais, a eutrofização em corpos d'água pelo excesso de nutrientes resultantes do lodo de ETE etc pode gradualmente causar perda da qualidade da água e perda de recursos naturais como peixes, moluscos, crustáceos e outros seres aquáticos. Este impacto, por sua vez pode resultar em: **Interferências em áreas sensíveis ou protegidas**, dentre outros, que equivale a perda do equilíbrio natural dos ecossistemas aquáticos ocasionada pela poluição desencadeada pelo excesso de nutrientes e outros elementos no lodo. Este impacto, por exemplo, pode resultar em: **Perturbação da população local**, **Perturbação da fauna aquática** e agravar a **Perda de recursos naturais**.

Interferências em áreas sensíveis ou protegidas, perda do equilíbrio natural dos ecossistemas aquáticos ocasionada pela poluição desencadeada pelo excesso de nutrientes e outros elementos no lodo de ETE. Este impacto pode resultar em: **Perturbação da fauna aquática**, a interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição aquática pode ocasionar em perturbação e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) de fauna aquática. Este impacto pode, por sua vez resultar ou agravar a: **Perda de recursos naturais (fauna)** e a **interferência em áreas ambientalmente sensíveis**, que, por sua vez pode causar **Perturbação da população local** que utiliza, por motivos econômicos e de subsistência, os recursos naturais do corpo d'água afetado.

Perturbação da população local, pela interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição aquática. Este impacto pode evoluir para **Danos à saúde e bem-estar** da população por motivos de estresse.

Perda de recursos naturais, a interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição aquática pode ocasionar em **Perturbação da fauna aquática** e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) dessa.

Perturbação da fauna aquática, a perda de recursos naturais como deterioração da qualidade da água (ex. déficit de oxigênio) e perda de determinados grupos faunísticos e

florísticos mais sensíveis à poluição pode ocasionar em perturbação e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) de fauna aquática. Este impacto pode por sua vez resultar ou agravar a: **Perda de recursos naturais (fauna)** e a **Interferência em áreas ambientalmente sensíveis**, que, por sua vez pode causar **Perturbação da população local** que utiliza, por motivos econômicos e de subsistência, os recursos naturais do corpo d'água afetado. Este último impacto pode evoluir para **Danos à saúde e bem-estar da população**.

Veiculação hídrica de doenças, que, por sua vez pode resultar em **Perturbação da população local e Danos graves à saúde e bem-estar da população local**. Este último, por sua vez, pode agravar o estado de **Perturbação da população local** por motivos de saúde.

Poluição do solo, por excesso de nutrientes e patógenos, que por sua vez pode resultar em: **Interferências em áreas sensíveis ou protegidas**, perda do equilíbrio natural dos ecossistemas terrestres afetados, ocasionada pela poluição desencadeada pelo excesso de nutrientes e outros elementos no lodo de ETE. Este impacto pode resultar em.

Perturbação da fauna, a interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição pode ocasionar em perturbação e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) de fauna terrestre. Este impacto pode por sua vez resultar ou agravar a: **Perda de recursos naturais (fauna)** e a **interferência em áreas ambientalmente sensíveis**, que, por sua vez pode causar **Perturbação da população local** que utiliza, por motivos econômicos e de subsistência, os recursos naturais do ecossistema afetado (ex. atividades agrosilvopastoris).

Perturbação da população local, pela interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição resultante do lodo disposto no solo. Este impacto pode evoluir para **Danos à saúde e bem-estar** da população por motivos de estresse e saúde.

Perda de recursos naturais, a interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição pode ocasionar em **Perturbação da fauna** e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) dessa.

Perdas e alteração de recursos naturais, a poluição no solo pelo excesso de nutrientes resultantes do lodo de ETE etc pode gradualmente causar perda da qualidade do mesmo para atividades de agricultura e perda de recursos naturais como fauna mais sensível e favorecer a proliferação de espécies daninhas de plantas. Este impacto, por sua vez pode resultar em: **Interferências em áreas sensíveis ou protegidas**, perda do equilíbrio natural dos ecossistemas terrestres afetados ocasionada pela poluição desencadeada pelo excesso de nutrientes e outros elementos no lodo de ETE. Este impacto pode resultar em: **Perturbação da população local**, **Perturbação da fauna** e agravar a **Perda de recursos naturais**.

Perturbação da fauna e flora, a perda de recursos naturais como deterioração da qualidade do solo (ex. excesso de nutrientes) e perda de determinados grupos faunísticos e

florísticos mais sensíveis à poluição pode ocasionar em perturbação e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta), e também alteração de fauna que vive no solo. Este impacto pode por sua vez resultar ou agravar a: **Perda de recursos naturais (fauna e flora)** e a **Interferência em áreas ambientalmente sensíveis**, que, por sua vez pode causar **Perturbação da população local** que utiliza, por motivos econômicos e de subsistência, os recursos naturais do ecossistema afetado (ex. atividades agrosilvopastoris).

Perturbação da população local, pela perda de recursos naturais como solo de qualidade para agricultura e outros usos e perda de recursos faunísticos. Este impacto pode evoluir para **Danos à saúde e bem-estar da população** por motivos de estresse e saúde.

Degradação do solo, a poluição do solo por disposição inadequada de lodo de ETE pode com o tempo resultar na degradação do mesmo por excesso de nutrientes que a contaminação interfere no ambiente global da área afetada, ocasionando dessa forma **Perda de recursos naturais** (solo, águas superficiais e subterrâneas, fauna e vegetação), e podendo também estar na origem de problemas de saúde pública (**Danos à saúde e bem-estar da população afetada**).

Ações de Operação e manutenção de Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) como benefícios de atividades de operação e manutenção adequadas de SES, podendo causar:

Higiene pessoal, os serviços de esgotamento sanitário promovem dentre muitos benefícios à higiene pessoal, que por sua vez resultará no **Controle e prevenção de doenças, Aumento da expectativa de vida e redução da mortalidade infantil e na Promoção da saúde, bem-estar e justiça social**. Este último, por sua vez, resultará em **Desenvolvimento social e econômico, Incrementos nas finanças públicas e Aumentará ainda mais a expectativa de vida e reduzirá a mortalidade infantil**.

Promoção da saúde, bem-estar e justiça social, através da coleta, tratamento e disposição adequada dos efluentes sanitários, propiciando a redução no número de doenças de veiculação hídrica, contribuindo para a melhoria na saúde, bem-estar (qualidade de vida) e justiça social. Este impacto poderá resultar em **Desenvolvimento social e econômico, Incrementos nas finanças públicas e Aumentará ainda mais a expectativa de vida e reduzirá a mortalidade infantil**.

Limpeza pública, através do tratamento eficiente dos efluentes, podendo esses após condicionamento serem utilizados para usos indiretos, como a limpeza pública de calçadas e ruas, e na irrigação de canteiros e jardins. Por sua vez, este impacto poderá resultar em **Promoção da saúde, bem-estar e justiça social** e no **Controle e prevenção de doenças**. Por fim, ambos os impactos poderão resultar indiretamente no **Aumento da expectativa de vida e redução da mortalidade infantil**.

Preservação de recursos hídricos e da biodiversidade, o tratamento eficaz dos efluentes sanitários e a redução de sua carga orgânica promovem a preservação dos recursos hídricos receptores, na medida que torna mais fácil a depuração dos fluentes tratados pelos micro-organismos. Com isso, haverá Preservação da biodiversidade e das condições estéticas e sanitárias dos corpos d'água. Por sua vez, este impacto poderá resultar em **Promoção da saúde, bem-estar e justiça social** e no **Controle e prevenção de doenças**. Por fim, ambos os impactos poderão resultar indiretamente no **Aumento da expectativa de vida e redução da mortalidade infantil** das comunidades que utilizam os recursos hídricos para fins econômicos, recreativos e de subsistência.

Ações de Operação e manutenção de Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) como problemas de atividades de operação e manutenção de SES, podendo causar:

Geração de efluentes com qualidade insatisfatória, se os sistemas de tratamento de efluentes não forem bem operados e mantidos poderão acarretar em prejuízos ao tratamento gerando efluentes com qualidade insatisfatória, ou seja, com parâmetros físico-químicos e microbiológicos acima do recomendado pela legislação vigente (Resoluções CONAMA nº 357/2005 e 430/2011), assim como poderá causar assoreamento, recalque de estruturas, crescimento de vegetação, quebra e mal funcionamento de equipamentos e estruturas etc (Foto 37). Este impacto, por sua vez, poderá resultar nos seguintes impactos indiretos de segunda ordem: **Interferências em áreas sensíveis ou protegidas**, perda do equilíbrio natural dos ecossistemas terrestres e aquáticos afetados, ocasionada pela poluição desencadeada pelo excesso de nutrientes e outros elementos dos efluentes sanitários. Este impacto pode resultar em: **Perturbação da fauna aquática**, a interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição pode ocasionar em perturbação e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) de fauna aquática. Este impacto pode por sua vez resultar ou agravar a: **Perda de recursos naturais (fauna aquática)**, a **Interferência em áreas ambientalmente sensíveis**. A Perda de recursos naturais (fauna aquática) pode acelerar o processo de **Degradação hídrica**, por exemplo.

Perda ou alteração do habitat das espécies, a poluição pelos efluentes com qualidade insatisfatória pode com o tempo tornar um corpo d'água impróprio à maioria das espécies da fauna e flora, seja ela micro ou macro. Este impacto pode evoluir para **Interferências em áreas sensíveis ou protegidas e Perturbação da fauna nativa**. Este último pode resultar em **Perda de recursos naturais (fauna aquática)**.

Perda de recursos naturais, a interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição pode ocasionar em **Perturbação da fauna** e **Degradação hídrica**. Este último pode resultar em **Perturbação da população local** que utiliza os recursos hídricos afetados direta ou indiretamente.

Poluição hídrica, por excesso de nutrientes e patógenos provenientes dos efluentes que não forem tratados satisfatoriamente, e que, por sua vez, pode resultar em: **Interferências em áreas sensíveis ou protegidas**, perda do equilíbrio natural dos ecossistemas terrestres afetados ocasionada pela poluição desencadeada pelo excesso de nutrientes e outros elementos dos efluentes sanitários. Este impacto pode resultar em: **Perturbação da fauna, Perda de recursos naturais e Perda ou alteração do habitat das espécies**. A Perda de recursos naturais, por exemplo, poderá ocasionar ou acelerar os processos de **Degradação hídrica** (eutrofização).

Degradação hídrica, pela perda gradual da qualidade da água acelerando o processo de eutrofização e que ao longo do tempo, caso não cesse a fonte de poluição, pode inviabilizar corpos d'água para os diversos usos a que se destinam. Este impacto pode, por exemplo, resultar em **Geração de odores fétidos**, que, por sua vez, poderá ocasionar **Perturbação da população local**.

Veiculação hídrica de doenças, como: febre tifoide, cólera, amebíase, giardíase, gastroenterites, verminoses etc, que, por sua vez pode resultar em **Perturbação da população local e Danos graves à saúde e bem-estar** da população local. Este último, por sua vez, pode agravar o estado de **Perturbação da população local**.

Perturbação da fauna aquática, a poluição pode ocasionar em perturbação e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) de fauna aquática. Este impacto pode, por sua vez, resultar ou agravar a: **Perda de recursos naturais (fauna aquática)**, na **interferência em áreas ambientalmente sensíveis**. A Perda de recursos naturais (fauna aquática) pode acelerar o processo de **Degradação hídrica**, por exemplo.

Geração de odores fétidos, o tratamento ineficaz dos efluentes sanitários em **lagos facultativos**²⁶, com maior contribuição de anaerobiose, por exemplo, poder gerar grande quantidade de odores fétidos. Além disso, o tratamento normal em ETEs sem mecanismos eficientes de controle ou redução de odores, a depender dos ventos dominantes, também pode gerar quantidade de odores fétidos e esses atingirem as comunidades mais próximas. Portanto, em vista disso, este impacto pode causar **Perturbação da população local** e isto, pode, por sua vez, evoluir para **Danos à saúde e bem-estar** da população local, por motivos de estresse.

Danos patrimoniais, o tratamento ineficaz dos efluentes sanitários em ETEs, poderá favorecer o crescimento de vegetação, que, por sua vez, poderá causar problemas na estrutura através das raízes, causando danos ao sistema. Portanto, em vista disso, este impacto pode causar **Acidentes a empregados e terceiros** que atuem diretamente na operação dos sistemas e que não estejam devidamente protegidos por EPIs. Por fim, este último poderá resultar em **Danos à saúde e bem-estar** de empregados e terceiros;

Poluição do solo, a poluição do solo por disposição de efluentes não tratados de forma eficiente pode com o tempo resultar na **Degradação do mesmo** por excesso de

nutrientes e contaminação: a contaminação do solo é uma preocupação ambiental, visto que a contaminação interfere no ambiente global da área afetada, ocasionando dessa forma **Perda de recursos naturais** (qualidade de solo, águas superficiais e subterrâneas, fauna e vegetação), e podendo também estar na origem de problemas de saúde pública pela **Veiculação de doenças**, que, por sua vez, poderá gerar **Danos à saúde e bem-estar da população afetada**.

Geração de resíduos sólidos, disposição sem o devido tratamento de lodo e sobrenadante oriundos do metabolismo de ETEs. Este impacto, por sua vez, pode resultar em: **Proliferação de pragas e vetores**, e este, por sua vez, em **Danos graves à saúde e bem-estar** das pessoas por várias doenças que podem ser transmitidas e resultar na **Perturbação da população local**. Além da proliferação de pragas e vetores, a geração de resíduos sólidos pode também resultar diretamente em **Danos à saúde e bem-estar das pessoas, Geração de odores fétidos, Veiculação de doenças infecto-contagiosas, Poluição e Degradação do solo, Interferências em áreas ambientalmente sensíveis ou protegidas, Poluição e Degradação hídrica**, e todos os seus impactos indiretos de 4ª e 5ª ordem associados.

Acidentes a empregados e terceiros, nas atividades de operação e manutenção de ETEs, o manuseio inadequado dos efluentes que, por ventura não tenham sido tratados de forma satisfatória, poderá gerar riscos de acidentes com esses efluentes, sobretudo, no que se refere à contaminação com patógenos presentes. Este impacto pode gerar, através da **Veiculação de doenças**, graves **Danos à saúde e bem-estar** de empregados e terceiros.

Proliferação de pragas e vetores, a disposição no solo, por exemplo, de efluentes sanitários não tratados corretamente pode não só atrair, como favorecer à proliferação de pragas e vetores, que, por sua vez, poderão causar **Perturbação da população local** e **Veiculação de doenças infecto-contagiosas**, que por fim, poderá causar graves **Danos à saúde e bem-estar da população local**.

Interferências em áreas sensíveis ou protegidas, perda do equilíbrio natural dos ecossistemas terrestres e aquáticos afetados, ocasionada pela poluição desencadeada pelo excesso de nutrientes e outros elementos dos efluentes sanitários. Este impacto poderá resultar em: **Perturbação da fauna aquática**, a interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição poderá ocasionar em perturbação e perda crônica (gradual) e aguda (abrupta) de fauna aquática. Este impacto poderá por sua vez, resultar ou agravar a: **Perda de recursos naturais (fauna aquática), Interferência em áreas ambientalmente sensíveis**. A perda de recursos naturais (fauna aquática) pode acelerar o processo de **Degradação hídrica**, por exemplo.

Perda ou alteração do habitat das espécies, a poluição pelos efluentes com qualidade insatisfatória poderá com o tempo tornar um corpo d'água impróprio à maioria das espécies da fauna e flora, seja ela micro ou macro. Este impacto pode evoluir para

Interferências em áreas sensíveis ou protegidas e Perturbação da fauna nativa. Este último poderá resultar em **Perda de recursos naturais (fauna aquática)**.

Perda de recursos naturais, a interferência em áreas sensíveis ou protegidas pela poluição poderá ocasionar em **Perturbação da fauna** e **Degradação hídrica**. Este último poderá resultar em **Perturbação da população local** que utiliza os recursos hídricos afetados direta ou indiretamente.

Emissão de ruídos em níveis elevados, resultante de equipamentos (bombas, geradores etc) desregulados ou sem equipamentos abafadores. Este impacto, por sua vez pode resultar em **Perturbação da população local** e este, por sua vez, pode evoluir para **Danos à saúde e bem-estar das pessoas**.

Acidentes a empregados e terceiros, nas atividades de operação e manutenção de ETEs o manuseio inadequado dos efluentes que, por ventura não tenham sido tratados de forma satisfatória, poderá gerar riscos de acidentes com esses efluentes, sobretudo, no que se refere à contaminação com patógenos presentes. Este impacto pode gerar, através da **Veiculação de doenças**, graves **Danos à saúde e bem-estar** de empregados e terceiros;



Foto 1. Alguns dos problemas corriqueiros observados em SES, resultantes da falta de atividades de operação e manutenção periódicas ou das mesmas sendo exercidas de forma incorreta: Assoreamento dos sistemas (A); Grande quantidade de vegetação dentro e fora dos sistemas (B); Presença de animais dentro dos sistemas (C); Vazamentos em equipamentos dos sistemas (D); Disposição de lixo em equipamentos dos sistemas (E); Grande quantidade de lodo sobrenadante dentro das lagoas de estabilização (F).



Foto2. As atividades de operação e manutenção periódicas, corretas e eficazes em SES (A) produzirão efluentes com qualidade satisfatória (B), o que, por sua vez, refletirá na preservação de **ecossistemas aquáticos**¹⁴ (C) e da biodiversidade (D).

Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES)

Para os **Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES)**, os impactos prováveis resultantes de uma operação inadequada são vários que, somados, podem poluir, degradar e assim prejudicar a qualidade dos corpos d'água ou solos onde são dispostos, podendo causar mais problemas do que benefícios à sociedade e ao meio ambiente. Por exemplo, a geração de resíduos sólidos (lodo e sobrenadante), a emissão de efluentes fora dos padrões de qualidade, com carga orgânica, **nutrientes limitantes**³⁰ (ex. nitrogênio, fósforo e potássio) e **DBO₅** elevadas que podem favorecer processos de eutrofização dos corpos d'água, levando esses a um 'fim' precoce, além da contaminação de alimentos (ex. hortaliças), geração de odores desagradáveis causando perturbação da população local etc. Portanto, é imprescindível que as Companhias de águas e esgotos como a CAERN, através de uma rotina de operação e manutenção eficiente minimizem e controlem os impactos negativos ou adversos, pois esses podem ser significativamente danosos ao meio ambiente e à saúde da população-alvo de seus serviços.

Por outro lado, se bem operados e mantidos, os sistemas de esgotamento sanitário podem resultar em grandes benefícios à sociedade e ao meio ambiente. Abaixo estão listados impactos ambientais negativos advindos das atividades de operação e manutenção inadequadas e impactos ambientais positivos advindos de atividades executadas corretamente.

IMPACTOS NEGATIVOS

Poluição de corpos hídricos;
Degradação hídrica (eutrofização);
Perturbação da fauna nativa;
Geração de odores fétidos;
Veiculação de doenças;
Danos à saúde e bem-estar;
Perturbação da população local;
Interferências em áreas ambientalmente sensíveis ou protegidas;
Perda de recursos naturais;
Poluição do solo;
Degradação do solo;
Proliferação de pragas e vetores;
Geração de efluentes com qualidade
Insatisfatória;
Emissão de níveis elevados de ruídos;
Perturbação da população local;
Perda de recursos naturais;
Proliferação de pragas e vetores;
Danos patrimoniais;
Poluição de corpos hídricos;
Interferências em áreas ambientalmente sensíveis ou protegidas;
Degradação hídrica (eutrofização);

Perturbação da fauna nativa;
Perda ou alteração do habitat das espécies;
Geração de odores fétidos;
Veiculação de doenças;
Danos à saúde e bem-estar;
Poluição do solo;
Degradação do solo;
Acidentes a empregados e terceiros.
Geração de resíduos sólidos (lodo).

IMPACTOS POSITIVOS

Preservação de recursos hídricos e da sua
Biodiversidade;
Promoção da saúde, bem-estar e justiça social;
Controle e prevenção de doenças
Limpeza pública;
Aumento da expectativa de vida e redução da mortalidade infantil;
Desenvolvimento social e econômico;
Higiene pessoal.

CONCLUSÃO

A compreensão das relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente constitui etapa inicial e importante no desenvolvimento de um modelo de planejamento de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Em termos de planejamento, a identificação e análise dos efeitos advindos da implementação de determinado sistema, seja ele de água ou de esgotos, deve conferir meios para se estabelecer uma certa ordem de prioridades e apontar o direcionamento mais adequado das ações, uma vez que cada população a ser beneficiada possui características distintas e nem sempre as ações de saneamento podem ser orientadas da mesma forma.

Assim, os impactos positivos e negativos devem sempre ser verificados quanto à sua real ocorrência e dimensão, na tentativa de se estabelecerem efeitos comparativos entre realidades diferentes, de modo a propiciar a avaliação correta das possíveis alternativas. Nesse sentido, a proposta deste trabalho de sistematização dos efeitos no meio ambiente e na saúde pública, em cada fase da implementação de ações de saneamento, constitui-se em um avanço, no sentido de reunir elementos para um modelo de planejamento em saneamento.

No entanto, não só os aspectos relacionados ao meio ambiente e à saúde pública devem ser levados em consideração. No caso do saneamento, existem diferentes dimensões, em níveis crescentes de complexidade, a serem consideradas na definição de uma solução apropriada, como a econômica, financeira, social, institucional e a política, o que torna mais difícil, ainda, o desenvolvimento de um modelo. A construção teórica a ser desenvolvida para o modelo de planejamento deve, desse modo, contrapor-se a estudos de caso, que permitam verificar a pertinência dos elementos e processos propostos, subsidiando, assim, a formulação do modelo.

REFERÊNCIAS

JORDÃO E.P., PESSOA, C.A. ***Tratamento de esgoto doméstico*** – Ed. ABES. Rio de Janeiro, 2009.

SPERLING, M. ***Princípios do tratamento biológico de águas residuárias***. Coleção completa – Ed. UFMG. Belo Horizonte.

Guias do ReCESA (Rede Nacional de Extensão e Capacitação Tecnológica em Saneamento Ambiental) – **Lodo gerado durante o tratamento de água e esgoto**. Será distribuído pela Professora em formato PDF.

Livros do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico e Ambiental): (<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm>).

Artigos técnicos (periódicos CAPES).

CAERN, Manual de Impactos Ambientais do Saneamento.