

## **IV-256 – FITORREMEDIAÇÃO: SUGESTÃO DE TRATAMENTO PARA A LAGOA OLHO D'ÁGUA**

**Héllen Beatrice Rodrigues Albuquerque Carvalho<sup>(1)</sup>**

Arquiteta e Urbanista pela Faculdade Damas da Instrução Cristã. Engenheira Civil pelo Centro Educacional dos Guararapes.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Maria Carolina, 276 – AP. 403 – Boa Viagem – Recife - PE - CEP: 51.020-220 - Brasil - Tel: (81) 99901-9641 - E-mail: [hbrodrigues1@gmail.com](mailto:hbrodrigues1@gmail.com)

### **RESUMO**

O presente artigo tem por objetivo apresentar uma sugestão de tratamento para a Lagoa Olho D'água, lagoa costeira e urbana, localizada no município de Jaboatão dos Guararapes/PE. Como forma de aumentar as chances de sucesso na implementação da solução, foram investigadas as causas da poluição da Lagoa, os parâmetros de qualidade da água e o funcionamento dos processos de fitorremediação. A partir destas verificações foi possível validar a proposta de fitorremediação, processo de tratamento de águas que funciona através do uso de espécies nativas da flora, como alternativa à diminuição da contaminação do corpo hídrico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Floculação.

### **INTRODUÇÃO**

A Lagoa Olho D'água, localizada no município de Jaboatão dos Guararapes/PE e com grande influência sobre a bacia hidrográfica do Rio Jaboatão (rio que dá nome ao município), sofre atualmente com altos níveis de poluição no corpo hídrico e na sua microbacia, seja pelo descarte inadequado do lixo, constantes alagamentos que provocam o carregamento de poluentes, deficiência do abastecimento de água na região e lançamento de esgoto de origem doméstica e industrial.

O esgoto, principal poluente da Lagoa, é lançado de modo direto e indevido através de dois canais que contribuem com a drenagem da microbacia hidrográfica da Lagoa Olho D'água, são eles o Canal de Setúbal (interliga a Lagoa com o estuário do Rio Pina) e o Canal Olho D'água (conecta a Lagoa com o estuário do Rio Jaboatão). De forma indireta e dispersa é disseminado pelas residências do entorno próximo à lâmina d'água.

O atual nível de poluição do afluente compromete as atividades de habitação, por ocasionar doenças de veiculação hídrica, de lazer e da pesca de subsistência, além de assolar a fauna e a flora e de promover a degradação do alto potencial paisagístico da região.

Este artigo tem por objetivo apresentar uma sugestão para reduzir o nível de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), aumentar o nível de OD (Oxigênio Dissolvido) e regularizar o pH, através da utilização de espécies da flora nativa como forma de fitorremediação, diminuindo assim a contaminação do corpo d'água e favorecendo consequentemente ao uso múltiplo deste recurso hídrico.

### **LAGOA OLHO D'ÁGUA: COSTEIRA E URBANA**

A Lagoa Olho D'água, localizada no município de Jaboatão dos Guararapes/PE, é a maior lagoa de restinga em área urbana do Brasil. Possui 3,5 Km de extensão, 1,9 Km de largura aproximada, 3,75 Km<sup>2</sup> de área de lâmina d'água, 19,421 Km de perímetro, 0,6m de profundidade média e 1,5m de profundidade máxima (PROJETEC E DIAGONAL, 2013).

O processo de formação da Lagoa se deu no período de transgressão marinha ocorrido a partir do Pleistoceno<sup>1</sup> até os dois mil anos do Holoceno<sup>2</sup>, época de formação da maioria das lagoas costeiras do Brasil (ESTEVES, 1998).

A regressão marinha ocorrida no quaternário, em dois momentos distintos (Pleistoceno e Holoceno), promoveu a formação de dois níveis de terraços marinhos na planície costeira. O Terraço Pleistocênico, mais a oeste, decorreu da penúltima transgressão, enquanto o Terraço Holocênico, mais a leste, ocorreu na última transgressão.

Entre esses dois terraços formou-se um depósito flúvio-lagunar que através do afogamento da região originou a Lagoa Olho D'água, lagoa costeira com formação de restinga arenosa por meio de processos marinhos, conectada ao estuário do Rio Jaboatão e ao Oceano Atlântico através do Canal Olho D'água, conforme mapa apresentado na Figura 1 (LEAL, 2002).



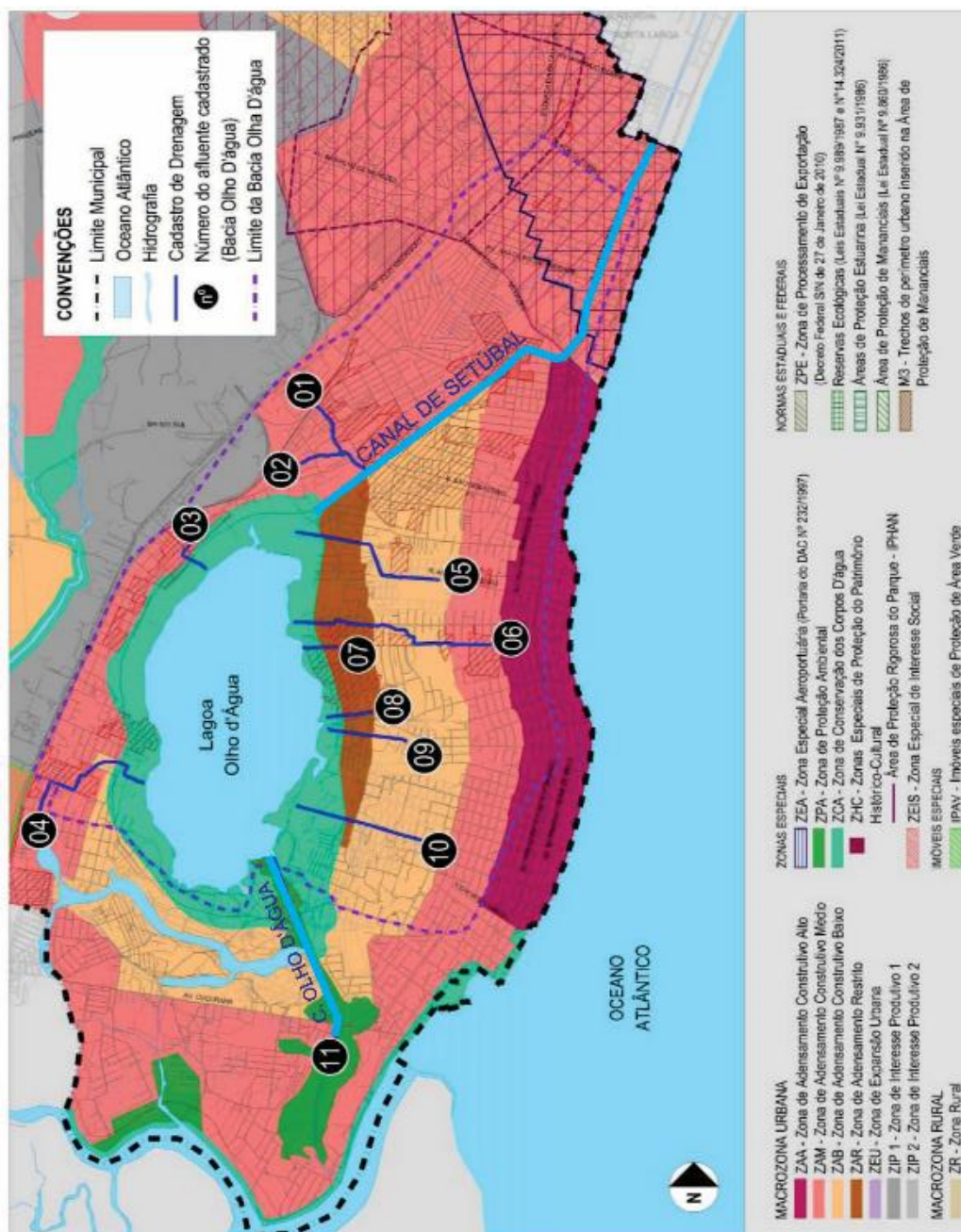
**Figura 1: Aerofoto da área de estudo com destaque para as duas superfícies formadas pelos terraços marinhos, um a oeste (TMS) outro a leste (TMI), e a planície Flúvio-Lagunar, entre os dois terraços, onde se encontra a Lagoa Olho D'água. Escala da foto: 1:70.000)**

**Fonte: (LEAL, 2002, p. 26 apud PROJETO GERAM-SUDENE, 1968 )**

<sup>1</sup> É a época do período Quaternário da era Cenozoica do éon Fanerozoico que está compreendida entre 2,588 milhões e 11,7 mil anos atrás, abrangendo o período recente no mundo de glaciações repetidas. O Pleistoceno sucede o Plioceno e precede o Holoceno, ambos de seu período.

<sup>2</sup> É a época do período Quaternário da era Cenozoica do éon Fanerozoico que se iniciou há cerca de 11,5 mil anos e se estende até o presente.

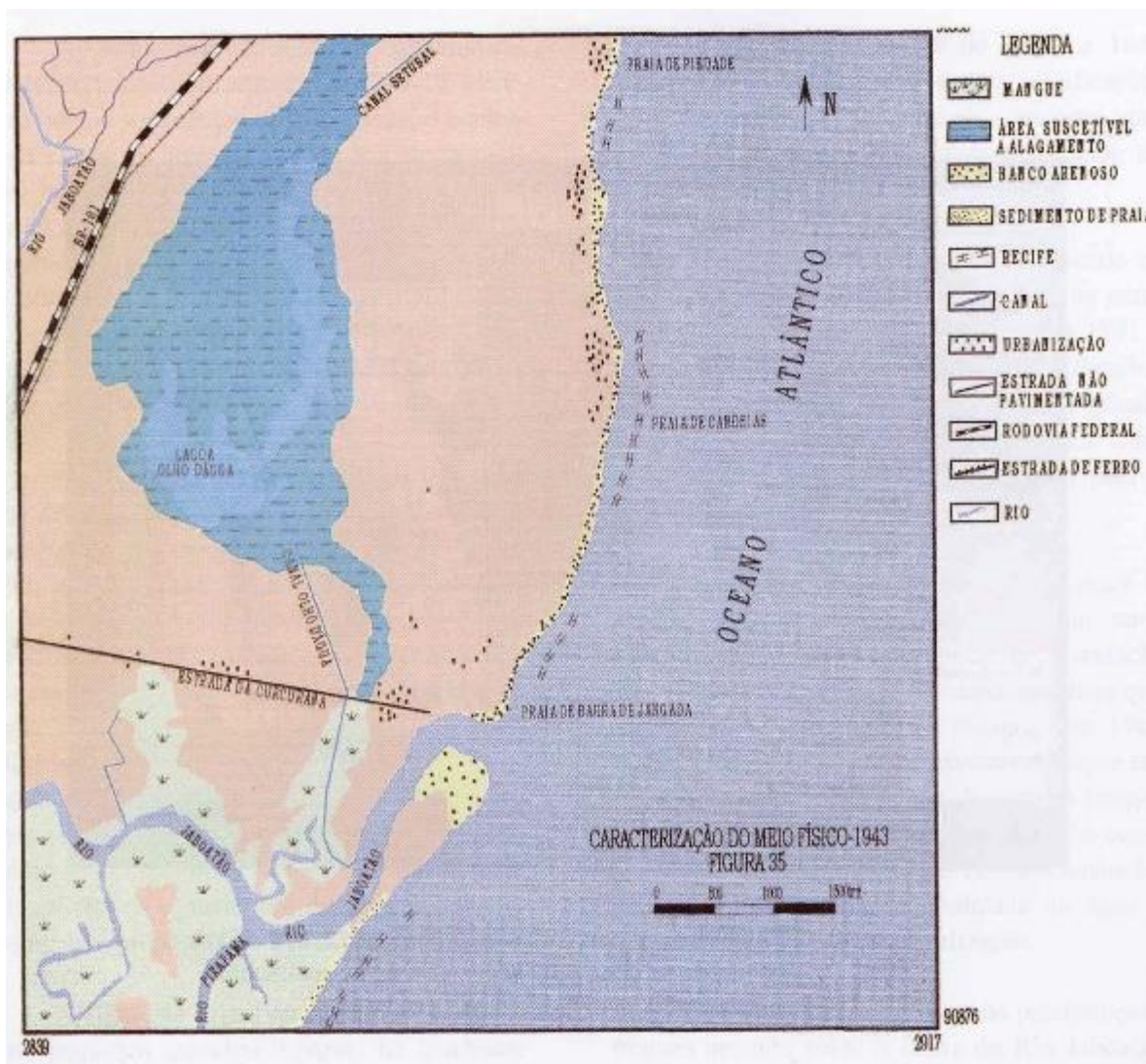
Além desses dois canais, há também uma rede de canais no sentido leste-oeste que contribuem com a drenagem da microbacia, guiando o fluxo das águas advindas dos terraços marinhos para a Lagoa, de acordo com a Figura 2 (SANTOS e KATO, 1997); (LEAL, 2002).



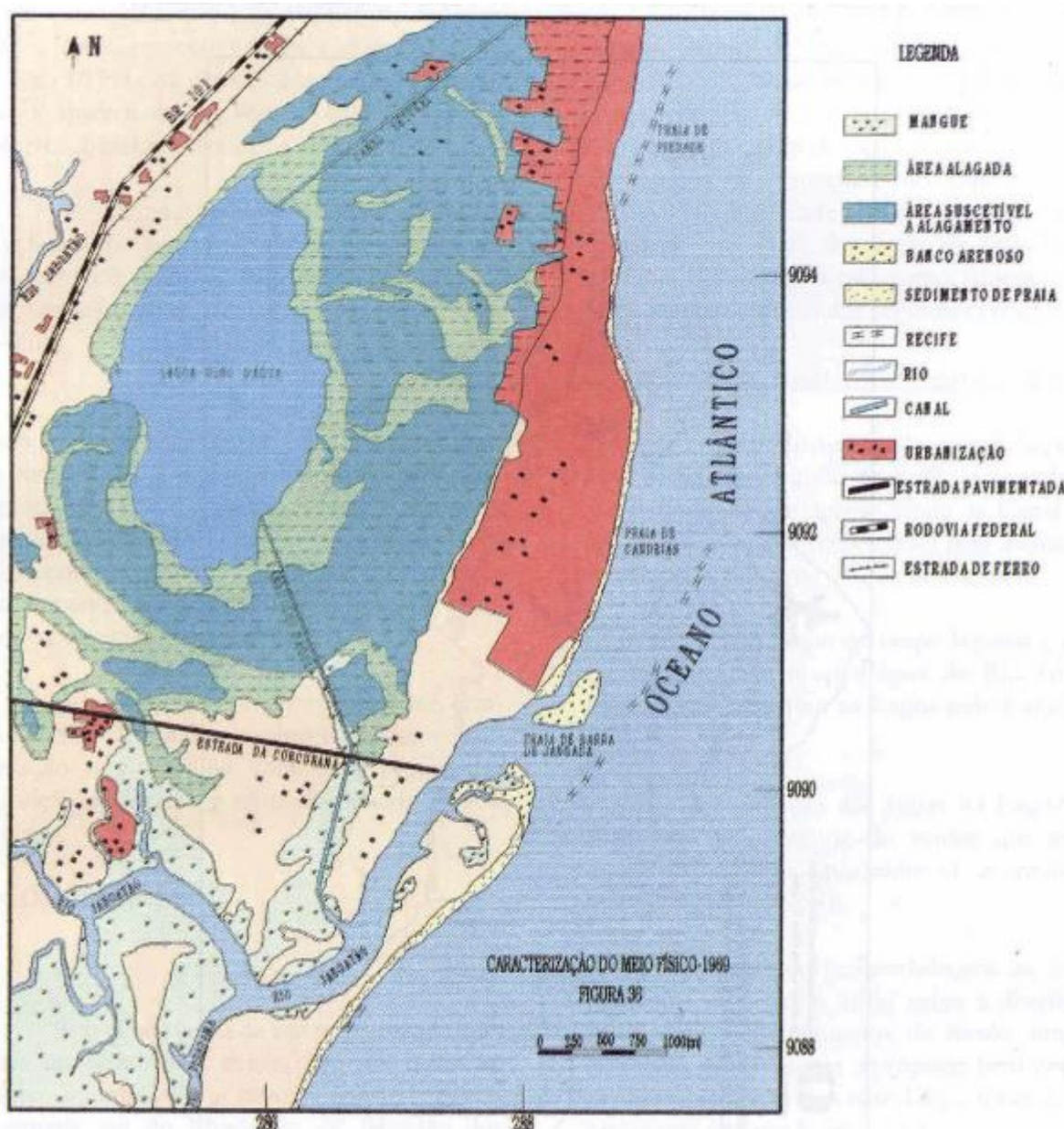
*Fonte: (ATP, 2014, p. 83 apud PREFEITURA DO JABOATÃO DOS GUARARAPES-PJG,2013),  
editada pelo autor.*



No entanto, a integridade deste grande ativo ambiental passou a sofrer interferência antrópica entre 1943 e 1969, quando o processo de urbanização descontrolada da região teve um aumento acentuado (Figuras 3 e 4). Mas o maior crescimento urbano se deu a partir da década de 70 e dobrou nas décadas de 80 e 90 (Figura 5).



**Figura 3: Mapa de ocorrência do processo de expansão urbana descontrolada em 1943.**  
**Fonte: (CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL E PREFEITURA DO JABOATÃO DOS GUARARAPES-PJG, 1997, p. 108)**



**Figura 4: Mapa de ocorrência do processo de expansão urbana descontrolada em 1969.**  
**Fonte: (CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL E PREFEITURA DO JABOATÃO DOS GUARARAPES-PJG, 1997, p. 109)**





**Figura 5: Mapa de evolução da ocupação urbana após 1969.**

**Fonte: (ATP, 2014, p. 82), editada pelo autor.**

O processo de expansão ocorreu inicialmente de forma linear por meio da expansão da faixa litorânea do bairro de Boa Viagem na cidade do Recife, fronteira com o município de Jaboatão dos Guararapes, adentrando aos bairros de Piedade, Candeias e Barra de Jangada. Após a saturação da faixa litorânea, por limitação física de expansão no sentido sul devido a desembocadura do Rio Jaboatão com o oceano atlântico, a ocupação se estendeu para oeste, se aproximando cada vez mais da Lagoa Olho D'água.

Atualmente no entorno próximo da Lagoa Olho D'água, dentro do perímetro da microbacia, há diversas comunidades de interesse social denominadas como Zonas Especiais de Interesse Social-ZEIS<sup>3</sup>, de acordo com o Figura 6 (PJG, 2013).

<sup>3</sup> Tipo especial de zoneamento, cujo principal objetivo é a inclusão da população de menor renda no direito à cidade e à terra urbana servida de equipamentos e infra-estrutura, tanto por meio da delimitação de áreas previamente ocupadas por assentamentos precários, quanto por meio da delimitação de vazios urbanos e de imóveis subutilizados, destinados à produção de novas moradias populares.



**Figura 6: Concentração das ZEIS na microbacia da Lagoa.**  
**Fonte: (PROJETEC E DIAGONAL, 2011, p. 82), editado pelo autor.**

Logo, por estar atualmente imerso em território urbanizado, de acordo com a Figura 7, este ambiente sofre cotidianamente com a ação antrópica. Porque de forma descontrolada, as construções se sobrepuseram ao espaço natural de espraiamento das águas, aterros foram realizados, construções foram erguidas e assim deu-se origem a um processo de ocupação urbana com condições precárias de habitação e infraestrutura urbana, ao passo que as edificações se aproximam da lâmina d'água da lagoa, menor é a oferta de infraestrutura e serviços urbanos.

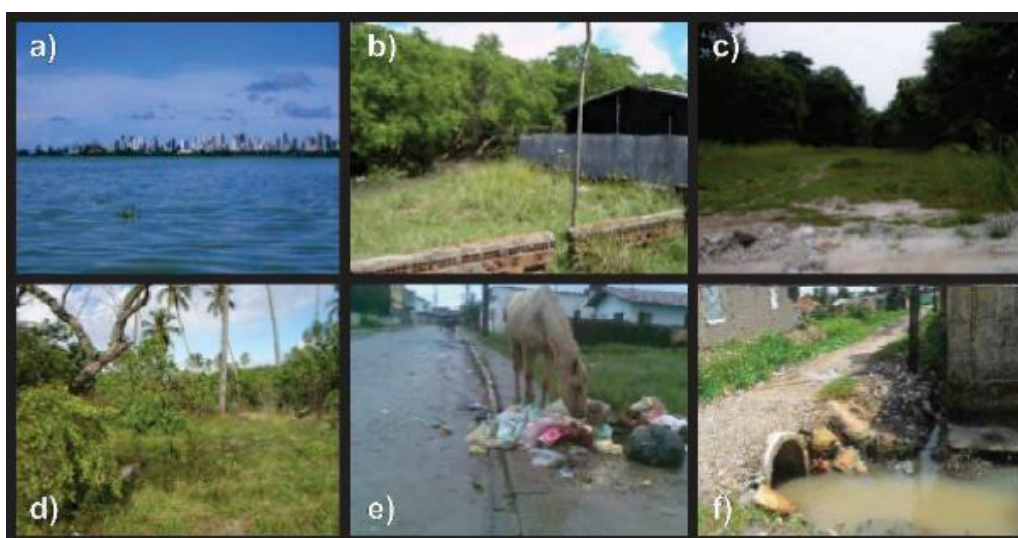




**Figura 7: Lagoa Olho D'água em território urbanizado.**  
**Fonte: Próprio autor, 2014.**

Como consequência, muitos dos recursos naturais da bacia, tais como água, solo, fauna e flora nativa, vêm se deteriorando, resultando em graves problemas de ordem sanitário-ambiental, de saúde pública, e sócio-econômica. Por falta de planejamento, a ocupação desordenada do solo gerou muitos problemas fundiários, bem como de infra-estrutura urbana. Acumulação de lixo, poluição das águas (efluentes domésticos e industriais), alagamentos, invasões e construções ilegais, são aspectos visíveis desse painel de problemas [...] (LEAL, 2002, p. 61)

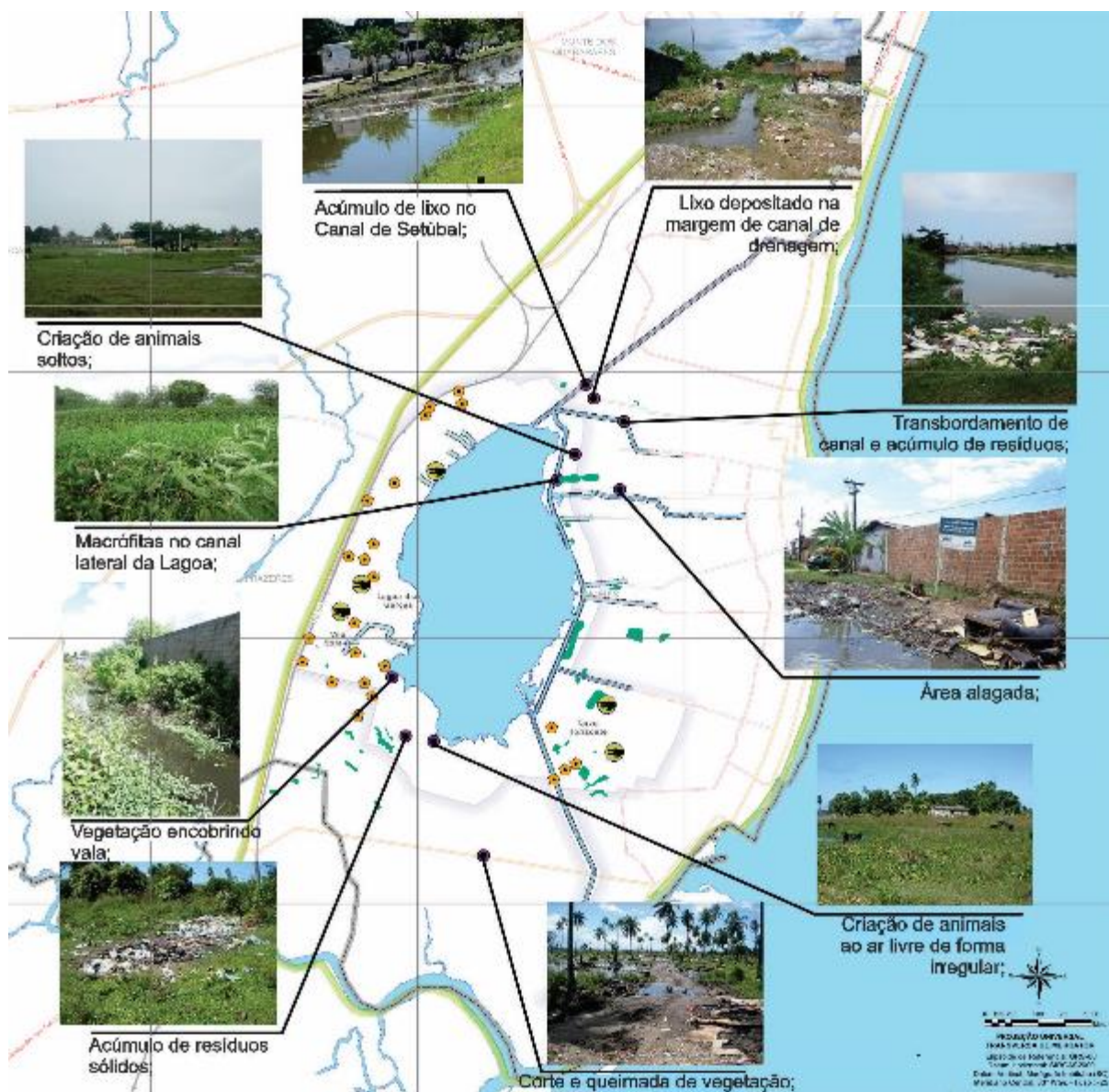
Porém, as piores consequências são advindas da precariedade do saneamento ambiental, resíduos sólidos são despejados de modo inadequado, há deficiência de abastecimento de água da região, o sistema de drenagem da microbacia é insuficiente promovendo grandes pontos de alagamentos e o lançamento de esgoto sanitário na lâmina d'água é constante (Figuras 8 e 9).



**Figura 8: a) Entorno com alto adensamento urbano; b) Ocupação desordenada no entorno próximo; c) e d) Manguezais e restingas: bioma de mata atlântica e ecossistemas associados; e) Acumulo de lixo e deficiência no controle/ fiscalização de animais de grande porte; f) lançamento de esgoto *in natura*.**

**Fonte: (PROJETEC E DIAGONAL, 2013, p. 19)**





**Figura 9: Principais consequências ambientais.**  
**Fonte: (PROJETEC E DIAGONAL, 2011), editada pelo autor.**

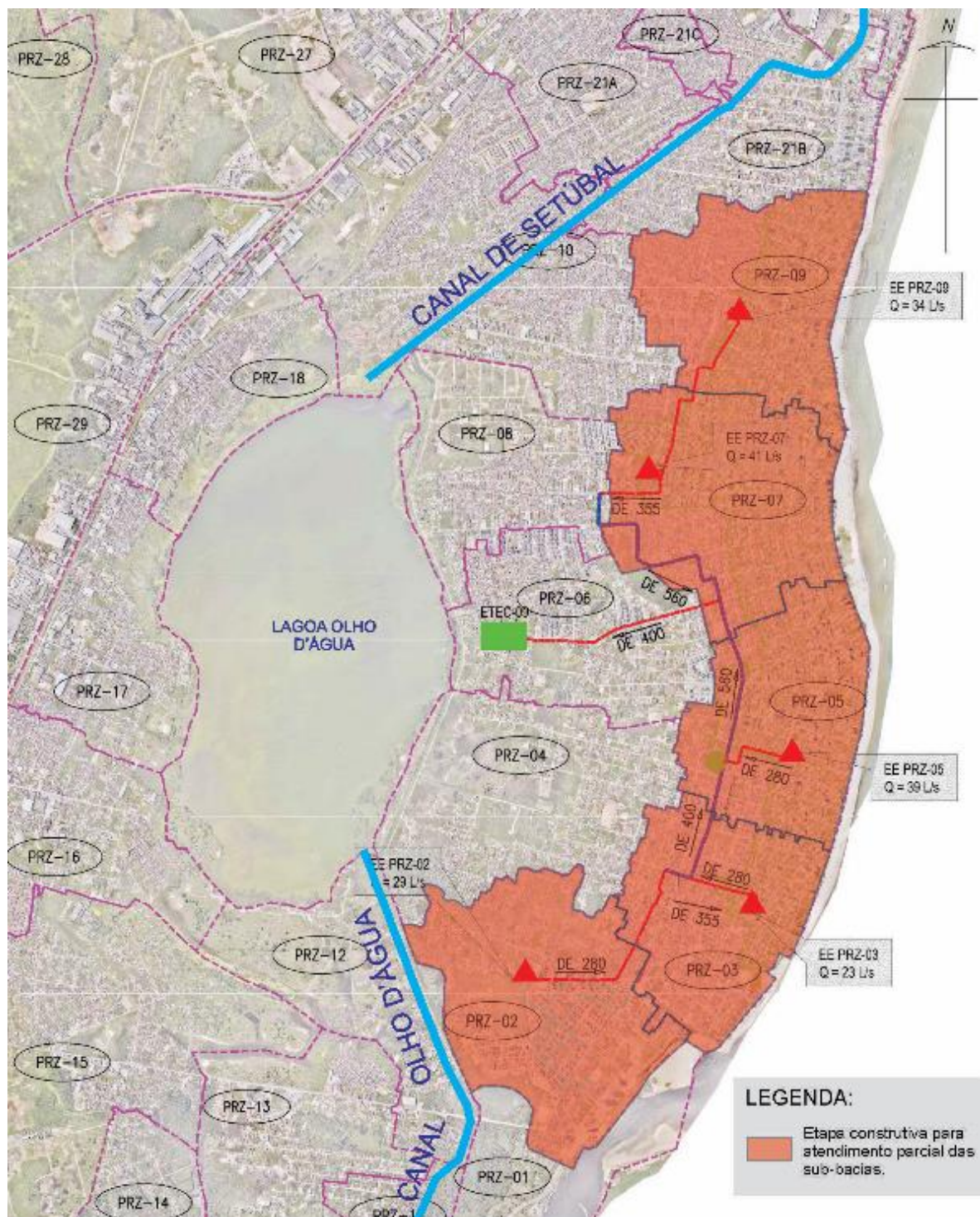
Sobre o aspecto do esgoto sanitário em Jaboaão dos Guararapes/PE, em 2013 foi firmada uma Parceria Público Privada-PPP entre a Compesa e a Odebrecht Ambiental, denominada PPP do Saneamento, onde o objetivo era de elevar a oferta de saneamento na Região Metropolitana do Recife-RMR de 30% para 90% de atendimento até 2025 (VALOR ECONÔMICO, 2013).

Todavia, em 2017 a Odebrecht Ambiental foi vendida para o fundo de investimentos canadense Brookfield. Em seguida, foi elaborado um termo de ajuste de gestão onde a BRK Ambiental passou a assumir a responsabilidade pela parcela privada da parceria, os cronogramas e as responsabilidades financeiras foram reajustados, agora a previsão é que os 90% de atendimento para a RMR seja alcançado em 2037 (FOLHA PE, 2018).

Em Jaboaão dos Guararapes as obras começaram em 2017, entretanto no território municipal há dois Sistemas de Esgotamento Sanitário-SES, o SES Jaboaão, contempla os bairros próximos à Jaboaão Centro e o SES Prazeres, abrange os bairros de Piedade, Candeias, Barra de Jangada, Prazeres, Cajueiro Seco, Guararapes e parte de Muribeca.



No entanto, apesar do vasto perímetro do SES Prazeres, que abrange inclusive a microbacia da Lagoa Olho D'água, apenas a faixa litorânea está sendo atualmente contemplada com as obras, região representada pelas sub-bacias 2, 3, 5, 7 e 9, conforme a Figura 10, mesmo assim o atendimento a estas ocorrerá inicialmente de forma parcial. O sistema se baseia na recomposição das redes de esgoto, na utilização de Estações Elevatórias de Esgoto-EEE e Estações de Tratamento de Esgoto-ETE (COMPESA E ODEBRECHT AMBIENTAL, 2016).



**Figura 10: Atendimento parcial das sub-bacias litorâneas.**

Fonte: (COMPESA E ODEBRECHT AMBIENTAL, 2016), editada pelo autor.



## **CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE**

Como forma de verificação mais detalhada do tipo de esgoto lançado, pode-se analisar as condições do próprio esgoto ou do afluente que o recebe, através dos parâmetros físicos, químicos e biológicos (METCALF e EDDY, 2016, p. 60) (SPERLING, 2005).

Os parâmetros físicos são baseados na análise dos sólidos, turbidez, cor, absorção/transmitância, odor, temperatura, conteúdo de energia térmica, densidade e condutividade.

Os químicos podem ser classificados como inorgânicos e orgânicos. Como inorgânicos estão a amônia, íon amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio orgânico, fósforo inorgânico, ortofosfato, fósforo orgânico, pH, alcalinidade, cloreto, sulfato, metais e gases diversos. Os orgânicos estão representados pela Demanda de Oxigênio-DO, Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO, Demanda Bioquímica de Oxigênio Carbonácea-DBOC, Demanda Bioquímica de Oxigênio Carbonácea Total-DBOCT, Demanda de Oxigênio Nitrogenosa-DON, Demanda Química de Oxigênio-DQO, Carbono Orgânico Total-COT, compostos orgânicos específicos e classes de compostos (SAAM<sup>c</sup>; SACT<sup>d</sup>) e conteúdo de energia química.

Já os biológicos estão representados por organismos coliformes, micro-organismos específicos (bactérias, protozoários, helmintos e vírus) e toxicidade (METCALF e EDDY, 2016).

Diante do exposto, como forma de verificar a qualidade da água da Lagoa foram considerados parâmetros com abordagem nas três categorias. No aspecto físico foram avaliados os sólidos e a temperatura, na química inorgânica a amônia, nitrito, nitrato e pH, na química orgânica a DO e DBO, no quesito biológico os coliformes fecais.

Como forma de compreender melhor a importância de cada componente, foram extraídas as suas definições e formas de atuação no afluente (METCALF e EDDY, 2016) (SPERLING, 2005).

Temperatura (físico): fator físico de grande relevância, porque influencia na manutenção das espécies da flora e fauna, além de intervir nos efeitos das reações bioquímicas, pois eleva suas taxas e diminui a quantidade de oxigênio no meio, agravando assim a condição crítica da quantidade de oxigênio que já não tem boa solubilidade em águas mornas (METCALF e EDDY, 2016).

pH (química inorgânica): de acordo com (METCALF e EDDY, 2016, p. 90), “[...] a concentração de íons hidrogênios é um importante parâmetro de qualidade das águas naturais e do esgoto. A maneira usual de expressar a concentração de íons hidrogênio é na forma de pH [...]”. Pode indicar ação antrópica de despejo doméstico (oxidação da matéria orgânica) e industrial (ex: lavagem ácida de tanques) (SPERLING, 2005).

Sólidos (físico): compreende todos os materiais sólidos presentes no afluente, tanto componentes naturais carregados, quanto material coloidal do esgoto. Nos esgotos domésticos a quantidade de sólidos é mais elevada.

OD (química orgânica): indispensável para a sobrevivência de micro-organismo. No entanto suas concentrações em meio aquático são comprometidas pelo aumento das reações bioquímicas que proporcionam a queda de sua concentração. Tal cenário pode ser agravado nos meses de verão, quando a vazão dos corpos receptores é menor e a oferta de oxigênio é reduzida. A presença do oxigênio também inibe a criação de odores (METCALF e EDDY, 2016). Quando em baixa quantidade é um forte indicador de corpos d’água eutrofizados.

DBO (química orgânica): indicador mais utilizado mundialmente, aponta para o consumo de oxigênio durante o processo de oxidação bioquímica da matéria orgânica (METCALF e EDDY, 2016).

Amônia (química inorgânica): gás derivado da decomposição da matéria orgânica presente no esgoto, o monitoramento desse composto é importante para a manutenção da saúde. No esgoto bruto é encontrado na forma de íon amônia (METCALF e EDDY, 2016).

Nitritos e nitratos (química inorgânica): no meio aquático o nitrogênio pode se apresentar em diversas formas, dentre elas a amônia (livre e ionizada), o nitrito e nitrato. Tais parâmetros podem indicar ação antrópica por despejo doméstico, industrial, excrementos de animais e fertilizantes (SPERLING, 2005).

Coliformes fecais (biológico): no intestino humano e dos animais de sangue quente há grande quantidade de bactérias, denominadas bactérias coliformes, uma pessoa chega a eliminar de 100 a 400 bilhões destas ao dia (METCALF e EDDY, 2016). Logo, se a água apresenta um dos três tipos de coliformes (totais, fecais e E. coli – em ordem crescente de risco de contaminação), há um grande indício da presença de organismo patogênicos. Parâmetro característico do esgoto doméstico.

## CONSEQUÊNCIAS DO LANÇAMENTO DE ESGOTO NO AFLUENTE

Após averiguar a importância de cada parâmetro e de correlacioná-los com a fonte de poluição (doméstica ou industrial), faz-se necessária uma análise sobre a qualidade da água da Lagoa Olho D'água. Contudo não existe nenhuma estação de monitoramento sendo controlada pelo CPRH<sup>4</sup> na região da Lagoa Olho D'água, o monitoramento vem sendo realizado nos rios Jaboatão e Pirapama. Diante disso, para efeito de verificação da água, foi utilizada como fonte de informação (SANTOS e KATO, 1997) onde está registrada uma pesquisa do CPRH realizada em 1991 (Tabela 1) e realizou-se uma pesquisa complementar para efeito comparativo, datada de 1996, conforme Tabela 2.

**Tabela 1: Qualidade da água na Lagoa Olho D'água.**

PARÂMETRO	SEÇÃO 1	SEÇÃO 2	SEÇÃO 3
temperatura (°C)	28,0	28,0	28,0
pH	9,4	9,0	9,0
DBO (mg/l)	268,9	118,0	80,0
DQO (mg/l)	634,9	396,8	396,8
amônia (mg/l - N)	0,40	0,34	0,36
nitrito (? g/l - N)	6,21	< 1,0	7,14
nitrato (mg/l - N)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
fosfato (mg/l - P)	0,65	0,80	0,52
coliformes fecais (NMP/100 ml)	< 200	< 200	< 200

seção 1: entrada da lagoa Canal Setúbal; seção 2: meio da lagoa; seção 3: saída da lagoa Canal Olho d'água

Fonte: (SANTOS e KATO, 1997, p. 2169 apud CPRH, 1991)

<sup>4</sup> Agência Estadual de Meio Ambiente responsável pela execução da política estadual de meio ambiente, atuando no controle de fontes poluidoras, na proteção e conservação dos recursos naturais, utilizando ainda a educação como ferramenta da gestão ambiental.



**Tabela 2: Qualidade da água na Lagoa Olho D'água (Laboratório de Saneamento Ambiental – UFPE, Julho a Setembro de 1996)**

PARÂMETRO	SEÇÃO 0	SEÇÃO 1	SEÇÃO 2	SEÇÃO 3	SEÇÃO 4
temperatura (°C)	28	29	28	31	28
pH	7,1	7,2	9,7	9,8	9,2
turbidez (NTU)	12	6	13	10	16
cloretos (mg/l)	79	107	481	280	750
condutividade (S/cm)	558	723	1320	1128	2720
sólidos totais (mg/l)	333	567	1788	817	1951
alcalinidade (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	132	168	87	69	89
O.D. (mg/l)	0,2	0	7,2	-	9
DQO (mg/l)	68	166	113	-	250
DBO (mg/l)	28	67	38	60	41
amônia (mg/l-N)	4,2	1,3	1,0	0,6	1,0
colif. fecais (NMP/100 ml)	1,1 x 10 <sup>6</sup>	7,6 x 10 <sup>5</sup>	475	500	2100

**seção 0:** Canal de Setúbal - Vaquejada; **seção 1:** entrada Canal Setúbal; **seção 2:** meio da lagoa; **seção 3:** saída Canal Olho d'água; **seção 4:** Canal Olho d'água - Ponte Estrada da Curcurana.

**Fonte: (SANTOS e KATO, 1997, p. 2169)**

Como forma de definir limiar de tolerância dos componentes, foram adotados os padrões da Resolução nº 357 de 2005 do CONAMA<sup>5</sup> (BRASIL, 2005), para análise da qualidade da água classificou a região como Classe 2 das águas doces (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰) e Classe 1 das águas salobras (águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰), de acordo com a Tabela 3. Para tal verificação, não foi utilizado o decreto estadual de nº 11.358 de 1986 que a enquadra na Classe 3, pois este não estabelece valor limite (PROJETEC E DIAGONAL, 2011).

**Tabela 3: Compatibilização dos parâmetros disponíveis nas duas classes do CONAMA.**

PARÂMETRO	CONAMA Classe 2* (Água Doce)	CONAMA Classe 1** (Águas Salobras)	ADOTADO
Sólidos totais	≤ 500	Virtualmente ausentes	≤ 500
pH	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
OD (mg/L)	≥ 5	≥ 5	≥ 5
DBO (mg/L)	≤ 5	-----	≤ 5
Amônia (mg/L – N)	≤ 3,7 p/ pH ≤ 7,5 ≤ 2,0 p/ 7,5 < pH ≤ 8,0 ≤ 1,0 p/ 8,0 < pH ≤ 8,5 ≤ 0,5 p/ pH > 8,5	≤ 0,4	≤ 0,4
Colif. Fecais	≤ 1000	≤ 43	≤ 43
Nitrito (mg/L – N)	≤ 1,0	≤ 0,07	≤ 0,07
Nitrato (mg/L – N)	≤ 10,0	≤ 0,4	≤ 0,4

\*Águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e

<sup>5</sup> Conselho Nacional do Meio Ambiente, criado pela Lei Federal nº 6.938/81, é o órgão colegiado brasileiro responsável pela adoção de medidas de natureza consultiva e deliberativa acerca do Sistema Nacional do Meio Ambiente.

de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.

**\*\*Águas que podem ser destinadas:** a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à aquicultura e à atividade de pesca; d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

**Fonte: Tabela elaborada pelo autor com dados do Conama. (BRASIL, 2005) (BRASIL, 2000).**

A partir da avaliação comparativa da qualidade da água da Lagoa e dos padrões recomendados pelo CONAMA, foi possível concluir que:

**Temperatura:** predominante de 28°C em 1991, mas em 1996 essa temperatura oscila chegando até os 31°C, tal oscilação se torna preocupante já que a profundidade da Lagoa vem sofrendo redução durante os anos, fator que contribui com o aumento da temperatura e como consequência desse aumento há a redução dos níveis de OD.

**pH:** em todas as situações está à cima dos padrões, com um pouco de redução apenas no Canal de Setúbal em 1996.

**Sólidos:** com base nos dados apurados em 1996 foi possível identificar que os sólidos estão em desacordo com o permitido segundo o CONAMA e que o maior valor está no meio da Lagoa e na entrada dos canais.

**OD:** em 1991 não foi analisado o OD, mas em 1996 os níveis no Canal de Setúbal são alarmantes, porém ao chegar no meio da Lagoa há uma regularização e a taxa chega a 7,2 mg/L, atendendo assim os parâmetros do CONAMA que indica níveis maiores que 5,0mg/L.

**DBO:** aparece nas duas análises com taxas altamente elevadas, em 1991 o Canal de Setúbal se destaca, seguida de queda no meio da Lagoa e queda maior ainda no Canal Olho D'água. Em 1996, o Canal de Setúbal se apresenta mais uma vez com taxas elevadas, o meio da Lagoa com redução e o Canal Olho D'água também com taxas à cima no meio do corpo hídrico.

**Amônia:** manteve-se com taxas aceitáveis em 1991, porém em 1996 os níveis se elevaram e o Canal de Setúbal demonstrou situação mais crítica.

**Nitritos e Nitratos:** a análise para nitrito só foi realizada em 1991, mas já apresentavam níveis à cima do recomendado pelo CONAMA, com piores condições nos dois canais. Já o nitrato não apresentou condição alarmante.

**Coliformes:** foram obtidos resultados extremamente alarmante em 1996, principalmente no que diz respeito aos dois canais, o meio da Lagoa demonstra a menor taxa.

Ainda sobre os coliformes, foi identificada uma pesquisa com registro detalhado de quais organismos compõem esse parâmetro e afirma também que a maior concentração de patógenos está próxima ao Conjunto Dom Hélder (PAIVA e SALGUEIRO, 2002, p. apud BALLESTERO, 1998).

“Foi confirmada, na água dessa Lagoa, a presença de microrganismos patogênicos. O trabalho realizado por Ballesterio (1998) confirma a presença de coliformes totais e fecais, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Shigella* e *Proteus*. Na área próxima ao Conjunto Residencial, foi detectada a maior concentração de patógenos, cujos microrganismos, provavelmente, são responsáveis por doenças de origem hídrica, prejudicando a qualidade de vida da população.” (PAIVA e SALGUEIRO, 2002, p. 42)



A partir do comparativo entre os parâmetros de qualidade da água, foi possível identificar que a Lagoa vem sofrendo há décadas não só com as ações diretas relacionadas à lâmina d'água, mas também a forma como a sua microbacia vem sendo tratada. O descarte inadequado do lixo, o despejo de esgoto sem o devido tratamento, os constantes alagamentos na região e a deficiência do abastecimento de água vêm agravando ainda mais o cenário ambiental.

Os dados da qualidade, principalmente os parâmetros de OD e DBO apontam que este grande ativo ambiental vem servindo como lagoa de estabilização, se auto degradando principalmente ao oxidar toda a matéria orgânica que recebe, onde o nível de oxigênio chegou a zero.

Foi possível identificar também que o tipo de esgoto lançado na Lagoa está caracterizado como doméstico e industrial, as alterações de pH, amônia e nitrito apontam para possíveis atividades industriais.

A contaminação por efluentes domésticos, presentes em maior quantidade, é oriundo das unidades habitacionais irregulares que ocupam de forma pulverizada o perímetro da microbacia. De forma pontual, o Canal de Setúbal e Olho D'água, representam grande fonte de poluição, pois não recebem apenas a contribuição de drenagem da microbacia, mas também enorme quantidade do esgoto doméstico lançado direto no seu corpo hídrico.

Já a contaminação industrial é proveniente das atividades localizadas entre a margem oeste da Lagoa Olho D'água e a margem da antiga BR 101 (Figura 11). No ano de 1994 já haviam registro de atividades industriais na região. Segundo (TENÓRIO, 2013), representadas pelos segmentos químico, metal mecânico, vestuário, produtos alimentícios, calçados e artefatos de tecido.



**Figura 11: Registro de indústrias funcionando no entorno da Lagoa em 2002.**

Fonte: (PAIVA e SALGUEIRO, 2002, p. 41), editada pelo autor.

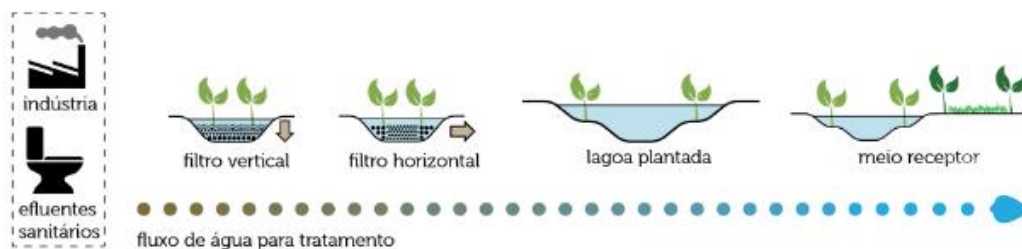
As consequências mais graves que assolam a microbacia da lagoa no âmbito do saneamento ambiental são as alterações na fauna e na flora, tanto pela baixa oferta de oxigênio que provoca, por exemplo, a mortandade dos peixes, quanto a própria contaminação do pescado e dos crustáceos que servem como fonte de renda e alimento para as comunidades locais. Há também interferência sobre o lençol freático, pois na planície flúvio-lagunar o lençol freático é muito superficial, o que prejudica a qualidade da água utilizada nos poços artesianos como fonte de abastecimento de água, já que na região o abastecimento não é regular.

Conjuntamente ocorre a disseminação de doenças de veiculação hídrica devido aos constates alagamentos das comunidades do entorno, tais alagamentos se agravam ainda mais em momentos de chuva que coincidem com a alta da maré, pois há um movimento contrário de fluxo da água em relação ao Canal Olho D'água.

## FITORREMEDIAÇÃO

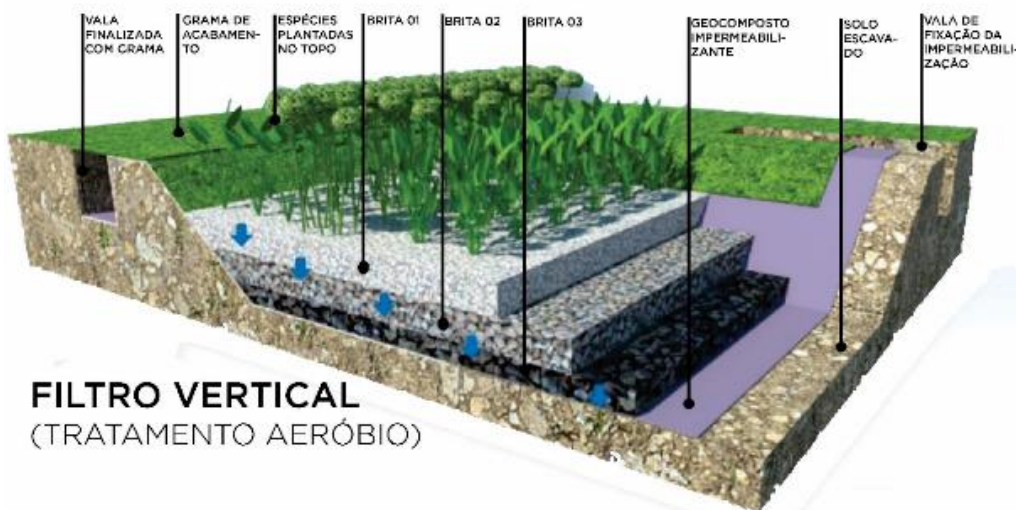
A fitorremediação é um processo de tratamento de ambientes poluídos que funciona a partir da utilização de plantas nativas, pode ser empregado com três finalidades, tratamento de ar, solo e água. Porém o foco deste artigo é o tratamento da água.

Nesse método de tratamento da água há um circuito de três lagos, conforme apresentado na Figura 12, a primeira recebe a água do rio, lago ou lagoa a ser tratada, por meio do controle de vazão de entrada da água, nesta fase se dá o processo físico que favorece o tratamento aeróbio. Denominado de filtro vertical (detalhado na Figura 13), tem a função de reter os sólidos no fundo através do atrito e da densidade, após a deposição, as raízes absorvem a carga orgânica, gorduras e graxas e em seguida, biodegradam a matéria orgânica (PHYTORESTORE, 2017).



**Figura 12: Disposição dos três lagos de tratamento.**

Fonte: (PHYTORESTORE, 2015)

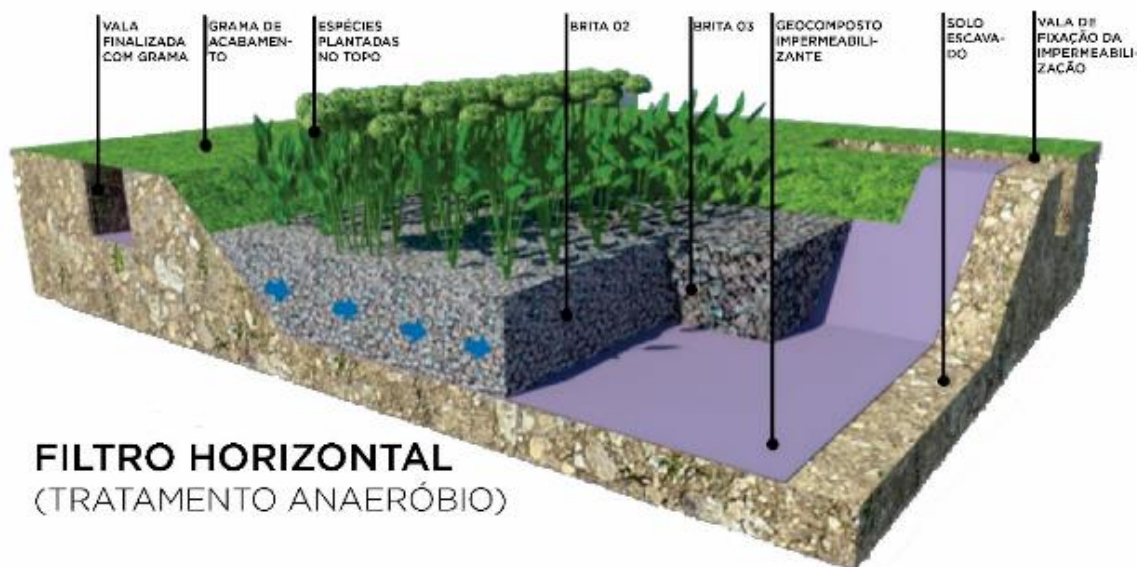


**Figura 13: Composição do filtro vertical.**

Fonte: (PHYTORESTORE, 2017) Disponível em:

[https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore\\_solucoes\\_municipais\\_8cdd40d43dac98](https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_solucoes_municipais_8cdd40d43dac98)  
 Acessado em: 4 de Junho de 2018.

A segunda, ocorre nos chamados filtros horizontais (detalhado na Figura 14), tem o objetivo de realizar o tratamento anaeróbio, reduzindo a quantidade de patógenos na água, como bactérias, protozoários, helmintos e vírus, para minimizar os riscos à saúde.



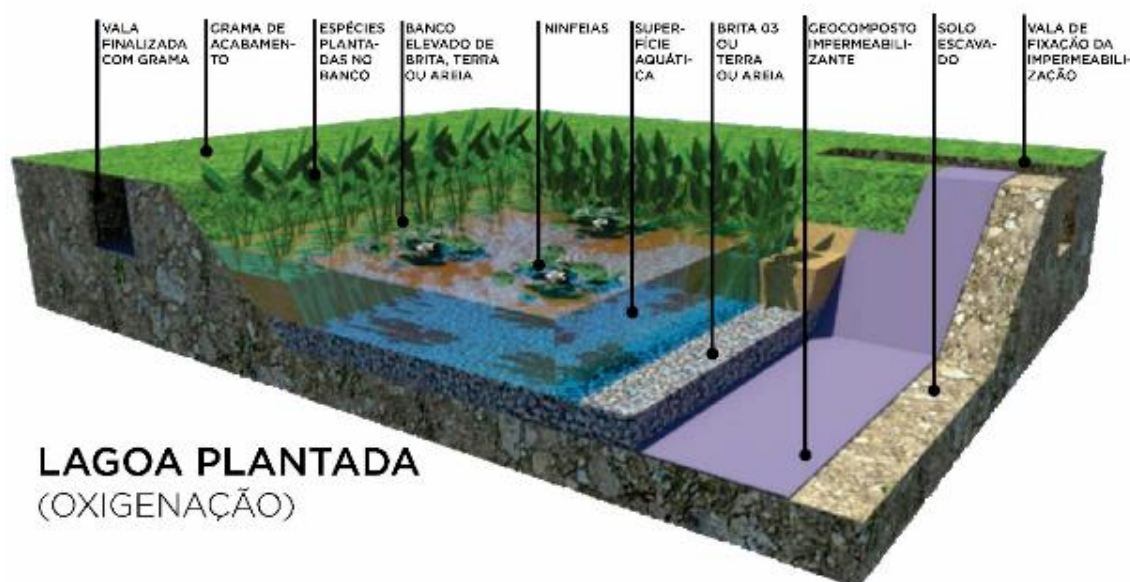
**Figura 14: Composição do filtro horizontal.**

Fonte: (PHYTORESTORE, 2017) Disponível em:

[https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore\\_solucoes\\_municipais\\_8cdd40d43dac98](https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_solucoes_municipais_8cdd40d43dac98)

Acessado em: 4 de Junho de 2018.

A terceira lagoa, chamada de lagoa plantada (detalhado na Figura 15), atua por processo químico e tem a função de contribuir com a oxigenação da água. Ao sistema também pode-se adicionar uma quarta lagoa, serve para estocagem da água já tratada.



**Figura 15: Composição da lagoa plantada.**

Fonte: (PHYTORESTORE, 2017) Disponível em:

[https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore\\_solucoes\\_municipais\\_8cdd40d43dac98](https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_solucoes_municipais_8cdd40d43dac98)

Acessado em: 4 de Junho de 2018



A integração entre as lagoas se dá por meio de tubos de conexão, na primeira lagoa (vertical) esses tubos são instalados por baixo, próximo as camadas de brita (sequência de britas 1, 2 e 3), as águas tratadas infiltram nas camadas mais profundas de brita, até encontrar os tubos, em seguida é guiada por gravidade, através de uma leve inclinação, até a segunda lagoa (horizontal).

O primeiro passo na chegada à lagoa horizontal é uma seção de brita 3 locada nas bordas da lagoa, em seguida a água flui de forma horizontal por uma camada de brita 2 até ser guiada por tubulação, com o auxílio da gravidade, à terceira lagoa (lagoa plantada). Nas lagoas com maior quantidade de brita (primeira e segunda), as plantas também fazem parte do processo, mas são usadas espécies com raízes de maior potencial.

A lagoa plantada é a que recebe a menor camada de brita, apenas brita 3 em um colchão leve ao fundo. Os vegetais mais utilizados nessa fase são os de folhas flutuantes, nessa lagoa já há uma ambiência muito similar ao corpo hídrico receptor, podem ser inseridas espécies da fauna, pois sobrevivem muito bem à medida que os níveis de oxigênio estão se elevando. A fase de oxigenação da água é o processo mais duradouro, podendo levar de três a cinco dias para se obter os níveis adequados de oxigênio, conforme a Figura 16. O equilíbrio entre todas as lagoas é através de controle de vazão.



**Figura 16: Integração e funcionamento das lagoas de tratamento.**  
**Fonte: (PHYTORESTORE (B)) Disponível em: < [http://www.pollutec-brasil.com/\\_novadocuments/231307?v=635954867236630000](http://www.pollutec-brasil.com/_novadocuments/231307?v=635954867236630000)>**

A fase de implantação das lagoas dura cerca de 180 dias, é composta de cinco estágios, conforme a Figura 17, são eles: terraplanagem; instalação da impermeabilização e malha hidráulica (lagoa vertical); colocação do substrato e componentes hidráulicos; plantação das espécies e realização dos acabamentos; crescimento da vegetação;

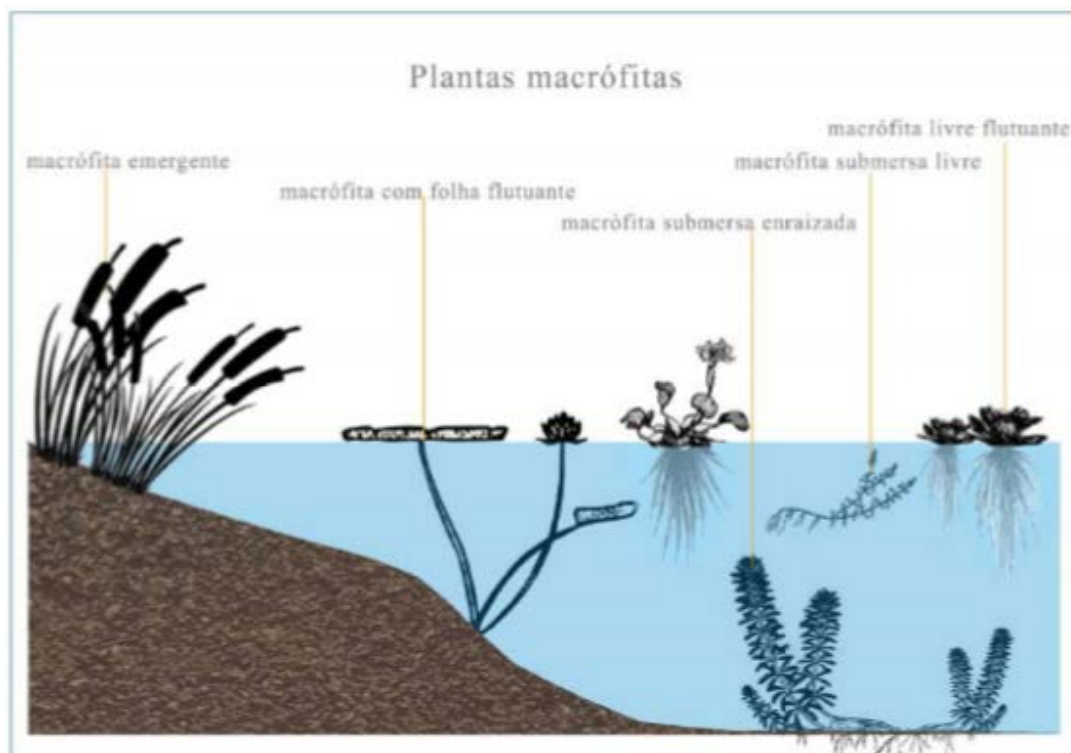


**Figura 17: Fase de implantação das lagoas em cinco estágios.**

**Fonte: (PHYTORESTORE (B)) Disponível em: < [http://www.pollutec-brasil.com/\\_\\_novadocuments/231307?v=635954867236630000](http://www.pollutec-brasil.com/__novadocuments/231307?v=635954867236630000)>**

As plantas usadas no tratamento são as macrófitas aquáticas, esse tipo de vegetal ao sofrer evolução retornou do ambiente terrestre para o aquático, mas ainda manteve algumas características específicas das espécies terrestres, como é o caso da presença de cutículas e estômatos. Essa espécie é de fácil adaptação ao meio e por isso podem ser encontradas em regiões de fontes termais, cachoeiras, lagoas, brejos, rios, ambientes salobros, dentre outros. Inclusive uma única espécie pode se desenvolver tanto em regiões de águas doces quanto salinas, assim como também suportam excessivos períodos de seca voltando a atuar como plantas terrestres se necessário.

São caracterizadas em decorrência do seu biótipo, que está diretamente relacionado com a interação entre o vegetal e o meio aquático, dando origem assim aos chamados grupos ecológicos. Há cinco grupos, ilustrados na Figura 18, sendo eles os das macrófitas aquáticas emersas ou emergentes (ex.: typha, pontederia, echinodorus e eleocharis), com folhas flutuantes (ex.: nymphaea, vitória e nymphoides), submersas enraizadas (ex.: myriophyllum, elodea, egeria, hydrilla, vallisneria, mayacac e algumas potamogeton), submersas livres (ex.: utriculariae ceratophyllum) e as flutuantes (ex.: eichhornia crassipes, salvinia, pistia, lemna e azolla). (ESTEVES, 1998, p. 102-103)



**Figura 18: Grupos de macrófitas**

Fonte: (PINHEIRO, 2017, p. 89)

A Figura 19 apresenta o interior da planta, no qual o processo de tratamento da água acontece em quatro etapas: rizodegradação, fitoextração, fitodegradação e fitovolatilização (PHYTORESTORE, 2017).



**Figura 19: Quatro fases de tratamento da água no interior da planta.**

Fonte: (PHYTORESTORE, 2017) Disponível em:

[https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore\\_solu\\_\\_\\_\\_es\\_municipais\\_\\_8cdd40d43dac98](https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_solu____es_municipais__8cdd40d43dac98)

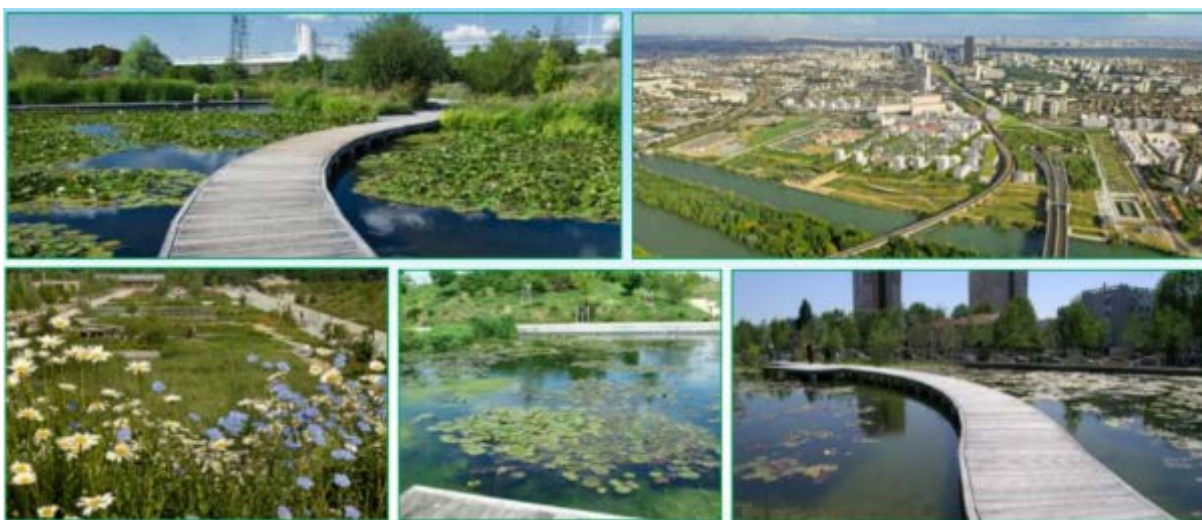
Acessado em: 4 de Junho de 2018., editada pelo autor.



No entanto, é importante selecionar espécies que não tenham potencial de bioacumulação, pois o ideal é que a planta realize a degradação completa dos contaminantes na rizosfera (zona de raízes) sem que esses contaminantes possam se dissipar no ar por meio da fitovolatilização.

A implantação da fitorremediação já tem registros de sucesso em diversos países, inclusive no Brasil. Os primeiros experimentos com essa prática foram realizados em 1952 na Alemanha (LAMEGO e VIDAL, 2007, p. apud WILLIAMS, 1993).

Na França, a empresa Phytorestore desenvolve a técnica de fitorremediação através da denominação de jardim filtrante (Figura 20), essa metodologia é utilizada como forma de tratamento das águas do Rio Sena e tem dado bons resultados na manutenção dos níveis de oxigenação das águas. A mortalidade de peixes devido à queda elevada dos níveis de oxigênio foi o fator determinante para a implantação desse sistema. Nesse caso foi utilizado o quarto reservatório para estocagem da água tratada, assim a água é retida em um lago de 1 hectare e meio que comporta 30 mil m<sup>3</sup> para ser devolvida ao Sena em momentos de grande cheia, época de maior poluição. O dimensionamento das lagoas de tratamento também está relacionado com a dimensão do corpo receptor, mas o que mais define o tamanho dos lagos é o índice de poluição da água a ser tratada, quanto mais poluída for, mais espaço será necessário (CIDADES&SOLUÇÕES, 2011) (PHYTORESTORE, 2015).



**Figura 20: Fitorremediação para tratamento do Rio Sena – Nanterre/Paris – França, 2009.**

**Fonte: (PHYTORESTORE, 2017) Disponível em:**

**[https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore\\_solucoes\\_municipais\\_8cdd40d43dac98](https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_solucoes_municipais_8cdd40d43dac98)**

**Acessado em: 4 de Junho de 2018.**

Outra experiência de sucesso da fitorremediação, através da empresa Phytorestore, é o tratamento dos rios Oued, Harrash e Oued Smar na Argélia, implantado em 2006, conforme a Figura 21. No Brasil as experiências da Phytorestore estão mais concentradas no tratamento dos efluentes sanitários e industriais atendimento as empresas privadas, como é o caso das empresas HSBC (Paraná) e Natura (Pará) (PHYTORESTORE, 2017).



Figura 21: Tratamento rios Oued, Harrash e Oued Smar – Agel – Argélia, 2006.

Fonte: (PHYTORESTORE, 2017) Disponível em:

[https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore\\_solucoes\\_municipais\\_8cdd40d43dac98](https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_solucoes_municipais_8cdd40d43dac98)

Acessado em: 4 de Junho de 2018.

No que se refere as vantagens de instalação de um sistema de fitorremediação, em relação aos métodos convencionais de tratamento de efluentes, a fitorremediação requer um menor custo de operação, baixa complexidade de operação, menor consumo de energia elétrica, dentre outros benefícios, de acordo com a Figura 22.



Figura 22: Análise comparativo entre os sistemas convencionais de tratamento e a fitorremediação.

Fonte: (PHYTORESTORE (B)) Disponível em: [http://www.pollutec-brasil.com/\\_novadocuments/231307?v=635954867236630000](http://www.pollutec-brasil.com/_novadocuments/231307?v=635954867236630000)

Acessado em: 5 de Junho de 2018.

A operação e manutenção dessa tecnologia envolve poucas tarefas, a maioria delas está relacionada ao controle do fluxo hidráulico (Figura 23) e estas podem ocorrer inclusive de forma cíclica (Figura 24). Há, por exemplo, uma rotina de podas que devem acontecer mensalmente. Após realizada a poda, as plantas são cortadas e guardadas para serem utilizadas como composto ou combustível para caldeira com biomassa (PHYTORESTORE, 2017). Uma manutenção mais severa só é necessária após 10 anos de funcionamento do sistema, conforme informação da Phytorestore:

“Assim como o tratamento de lodo, a manutenção desse sistema é realizada a cada 10 anos e se resume na retirada da matéria mineralizada dos filtros vegetais verticais que se acumulam na parte superior do substrato. Essa matéria possui qualidades que permitem sua utilização como adubo para agricultura ou outros jardins.” (PHYTORESTORE (A))

Tarefas		Diária	Semanal	Mensal	Trimestral	Bienal
Manutenção dos Jardins Filtrantes®	Limpeza do gradeamento			Possível		
	Checagem da vazão de entrada e saída			Automatização		
	Checagem do funcionamento e fluxo hidráulico					
	Abertura e Fechamento das Válvulas					
	Poda					
	Retirada de ervas daninhas dos Taludes					De acordo com desenvolvimento
	Manutenção preventiva dos equipamentos					

**Figura 23: Tarefas para operação do sistema de tratamento.**

Fonte: (PHYTORESTORE, 2017) Disponível em:

[https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore\\_solu\\_\\_\\_\\_es\\_municipais\\_\\_8cdd40d43dac98](https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_solu____es_municipais__8cdd40d43dac98)

Acessado em: 4 de Junho de 2018.



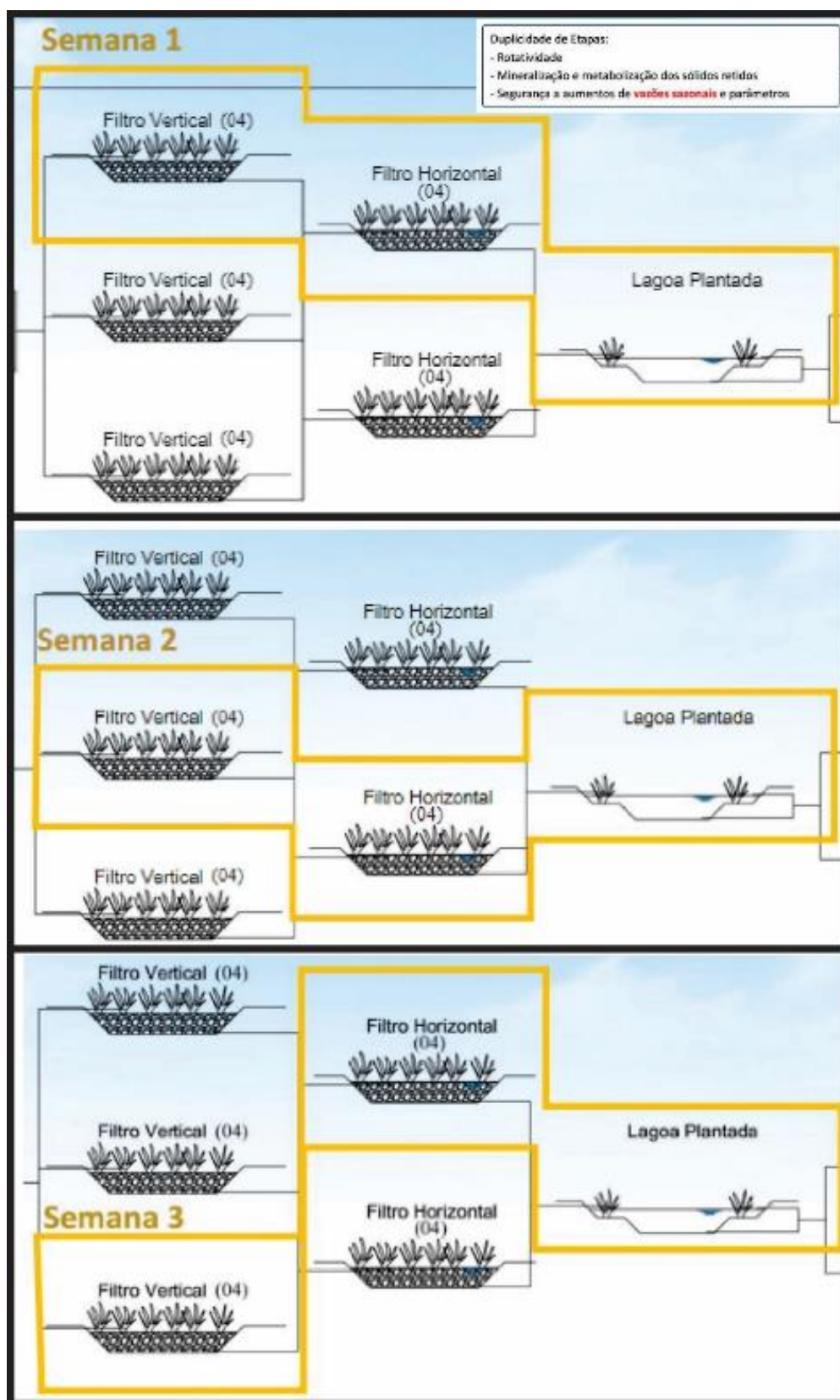


Figura 24: Fluxograma de operação.

Fonte: (PHYTORESTORE, 2017) Disponível em:

[https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore\\_solucoes\\_municipais\\_8cdd40d43dac98](https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_solucoes_municipais_8cdd40d43dac98)

Acessado em: 4 de Junho de 2018.

## CONCLUSÕES

A partir dos estudos realizados à cerca das causas da poluição da Lagoa Olho D'água, dos parâmetros encontrados na análise de qualidade da água e sobre a forma de funcionamento do processo de fitorremediação, bem como os benefícios de sua implantação, foi possível concluir que tal tecnologia atende as necessidades da microbacia da Lagoa e seu corpo hídrico.

Identificou-se que a Lagoa não pode ser avaliada de forma isolada, devido ao rico bioma que ela está inserida, interagindo com águas advindas do oceano atlântico que perpassam por área de manguezal. Além de que ainda comportam situações complexas em relação a urbanização do território e a deficiência de infraestrutura.

Diante de tanta riqueza natural, a fitorremediação se mostra uma boa solução por se integrar ao meio ambiente, mantendo uma boa relação com a fauna e flora local e por promover lagos de tratamento que podem estar dispostas na condição de parque urbano, promovendo assim a paisagem e trazendo olhares para a Lagoa Olho D'água. Além de que na flora da região já há espécies que atendem as demandas do processo de tratamento, são elas: *Iris Pseudacorus* (lírio amarelo), *Eichornia Crassipes* (aguapé), *Typha Domingensis* (taboa), *Nymphaeaceae* (ninféia).

Outro fator que favorece o uso desse método é a existência de diversas experiências com registro de sucesso principalmente no âmbito da redução de DBO, regularização de pH e aumento do OD, essas atualmente são as demandas mais urgentes para a Lagoa.

Apesar deste artigo abordar análises de qualidade da água realizadas em 1991 e 1996, não tão recentes, é certo que o cenário se agravou deste período até os dias atuais. Pois nenhuma iniciativa em prol do resgate ambiental foi tomada até hoje, exceto que as obras para implantação de sistemas de tratamento de esgoto, fruto da PPP do Saneamento, estão em andamento.

Entretanto essa solução está sendo aplicada para as áreas regulares da cidade, desse modo, as residências fruto da ocupação irregular continuarão a despejar dejetos na Lagoa, bem como os problemas de drenagem continuarão favorecendo o carregamento de poluentes para o corpo hídrico.

Logo, é possível concluir que os sistemas convencionais de tratamento de esgoto podem trabalhar em paralelo ao sistema de fitorremediação implantado na Lagoa Olho D'água, pois uma alternativa é complementar a outra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 6022. Rio de Janeiro. 2002.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 10520. Rio de Janeiro. 2002.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 6023. Rio de Janeiro. 2002.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 6024. Rio de Janeiro. 2002.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 14724. Rio de Janeiro. 2011.
6. ATP. Plano de águas pluviais do município de Jaboatão dos Guararapes - Produto 3 - Revisão 3. Recife. 2014.
7. BRASIL. Resolução CONAMA 274. Brasília. 2000.
8. BRASIL. Resolução CONAMA 357. Brasília. 2005.
9. CIDADES&SOLUÇÕES. Vídeo: Jardins filtrantes fazem despoluição da água na França. Youtube, 12 Outubro 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=44xuoigQ2do>>. Acesso em: 17 Maio 2018.
10. COMPESA E ODEBRECHT AMBIENTAL. Projeto Hidromecânico do Sistema de Esgotamento Prazeres - Etapa Construtiva. Recife. 2016.
11. CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL E PREFEITURA DO JABOATÃO DOS GUARARAPES-PJG. Projeto diagnóstico do meio físico da bacia lagoa olho d'água. Recife. 1997.
12. ESTEVES, F. D. A. Fundamento de Limnologia. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
13. FOLHA PE, 20 Março 2018. Disponível em: <<https://www.folhape.com.br/economia/economia/economia/2018/03/20/NWS,62489,10,550,ECONOMIA,2373-PPP-SANEAMENTO-TERA-OBRA-ATE-2037.aspx>>. Acesso em: 14 Junho 2018.

14. LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Fitorremediação: Plantas como agentes de despoluição? Pesticidas: r. ecotoxicol e meio ambiente, Curitiba, v. 17, p. 9-18, 2007.
15. LEAL, J. P. Estudo geoambiental e evolução paleográfica da Lagoa Olho D'água. Dissertação de Pós-Graduação em Geociências/UPE, Recife, 2002.
16. METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. Tradução de Ivanildo HESPANHOL e José Carlos MIERZWA. 5ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
17. PAIVA, S. C. D.; SALGUEIRO, A. A. Impacto ambiental na lagoa Olho d'Água em Jaboatão dos Guararapes - PE. Revista Química e Tecnologia, Recife, v. 1, n. 1, p. 39-43, 2002.
18. PHYTORESTORE (A). Phytorestore. Disponível em: <<http://phytorestore.com.br/aplicacoes/>>. Acesso em: 8 Junho 2018.
19. PHYTORESTORE (B). Disponível em: <[http://www.pollutec-brasil.com/\\_novadocuments/231307?v=635954867236630000](http://www.pollutec-brasil.com/_novadocuments/231307?v=635954867236630000)>. Acesso em: 05 Junho 2018.
20. PHYTORESTORE. Jardins Filtrantes. Recife: Apresentação ao 5º Workshop Internacional de Desenvolvimento Urbano - UFPE/AA School. Realizado em: 30 de Junho de 2015., 2015.
21. PHYTORESTORE, 2017. Disponível em: <[https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore\\_solu\\_\\_\\_\\_es\\_municipais\\_\\_8cdd40d43dac98](https://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_solu____es_municipais__8cdd40d43dac98)>. Acesso em: 4 Junho 2018.
22. PHYTORESTORE BRASIL. Jardins Filtrantes. São Paulo: Disponível em: Acessado em: 08 Junho 2018.
23. PINHEIRO, M. B. Plantas para infraestrutura verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: Identificação de critérios para a seleção de espécies. universidade de São Paulo. São Paulo. 2017.
24. PREFEITURA DO JABOATÃO DOS GUARARAPES-PJG. Plano diretor municipal. Jaboatão dos Guararapes. 2013.
25. PROJETEC E DIAGONAL. Plano de desenvolvimento sustentável da Lagoa Olho D'água - Relatório Parcial 02 - Vol. 02 - Tomo I (Diagnóstico Físico e Territorial - Ambiental). Recife. 2011.
26. PROJETEC E DIAGONAL. Plano de desenvolvimento sustentável da Lagoa Olho D'água - Relatório Parcial 02 - Vol. 2 - Tomo II (Diagnóstico Físico e Territorial - Urbano, Territorial e Estudos Preliminares). Recife. 2011.
27. PROJETEC E DIAGONAL. Plano de desenvolvimento sustentável da Lagoa Olho D'água - Relatório Final RP5 - Tomo I - Estudo de Impacto Ambiental. Recife. 2013.
28. SANTOS, M. D. L. F. D.; KATO, M. T. A influência do saneamento ambiental na preservação da Lagoa Olho D'água. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu, 1997. p. 2163-2175.
29. SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª. ed. Belo Horizonte: [s.n.], v. 1, 2005.
30. TENÓRIO, B. C. A Lagoa Olho D'água: O sistema de uma paisagem. Dissertação de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano/UFPE, Recife, 2013.
31. VALOR ECONÔMICO, 17 Fevereiro 2013. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/3008508/pernambuco-assina-ppp-de-r-45-bi-para-saneamento>>. Acesso em: 14 Junho 2018.