



Com a Natureza para a Natureza

FITO-ETAR: Uma Solução de Tratamento

Zonas Húmidas Naturais

- Desde sempre, existiram zonas húmidas naturais, muitas vezes usadas para descarga de águas residuais, a experiência demonstrou uma elevada depuração desses efluentes
- Características gerais das zonas húmidas naturais

Nível hidráulico

Permanente ou intermitente

✓ Nível bioquímico:

Fonte, Reservatório ou transformador.

✓ Nível de produtividade:

Elevada.



Fig.1 Zonas Húmidas naturais [1]

Das Zonas Húmidas Naturais às fito-ETAR

PREMISSA

Uma vez **comprovada a eficácia** dos sistemas naturais na depuração de águas residuais

IDEIA

Aplicar os princípios de depuração em sistemas “man-made” que reproduzissem os **mecanismos depuradores** das zonas húmidas naturais

CONCRETIZAÇÃO



Fig.2 Fito-ETAR [2]

Enquadramento histórico das fito-ETAR

Actualidade

Nos últimos 5 a 15 anos a sua aplicação foi estendida a efluentes **pluviais, industriais e agrícolas**

Anos
80

Esta tecnologia disseminou-se por muitos países Europeus interessados em sistemas de **baixo custo e de pouca manutenção**, para pequenos aglomerados.

Anos
70

As fito-ETAR começaram a surgir por todo o mundo. Para tal contribuiu o aumento do conhecimento dos processos naturais e a necessidade do tratamento das águas residuais em áreas de **baixa densidade populacional** onde era necessário reduzir custos. Os primeiros leitos de macrófitas para tratamento de **águas residuais municipais** foram construídos em 1974 por Kickuth, na Alemanha e na Holanda.

Anos
60

Seidel desenvolveu um método que usava areia ou gravilha como substrato e a combinação dos fluxos vertical e horizontal. **KICKUTH**, que também já tinha trabalhado com Seidel, desenvolveu o “**método da zona radicular**” baseado em fluxo horizontal e substrato tipo solo arenoso

Anos
50

Iniciaram-se estudos sobre estes sistemas na Europa, e **SEIDEL** demonstrou a eficiência na remoção de compostos fenólicos e outros derivados tóxicos, através da utilização de determinadas plantas, como *Scirpus*, *Juncus* ou *Phragmites*

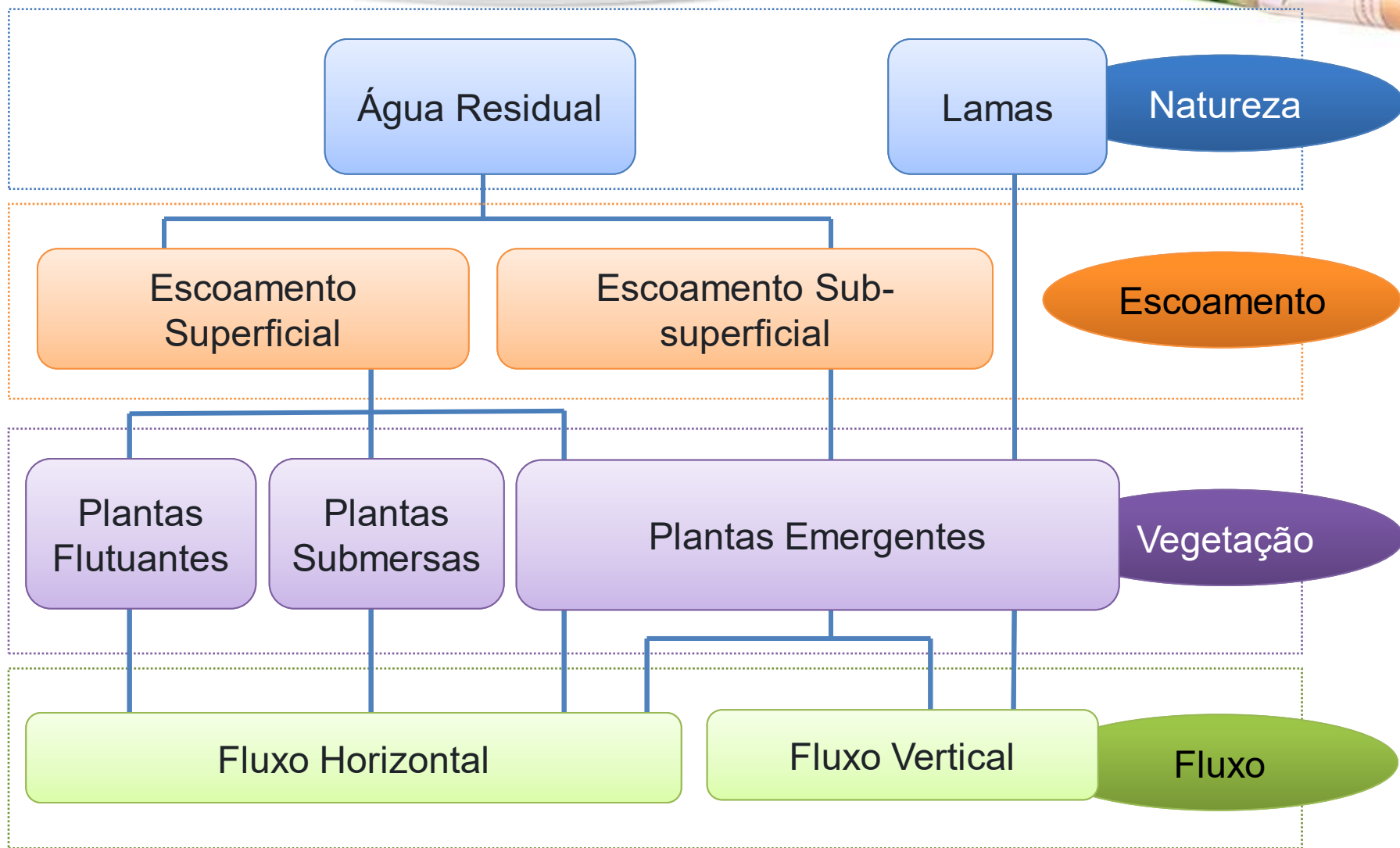
Fito-ETAR: O que são?

As fito-ETAR actuais são **sistemas biológicos** projectados de modo a tirar partido de características específicas das zonas húmidas naturais, com o intuito de melhorar a capacidade de tratamento das águas residuais.

Estes sistemas de tratamento são, de forma geral, compostos por órgãos de **tratamento preliminar** (remove os sólidos em suspensão de maior dimensão), **tratamento primário** (fossa séptica ou tanque de *Imhof*) e **tratamento secundário** (assegurado por um ou mais leitos de macrófitos).



Classificação das fito-ETAR



Aspecto Geral de fito-ETAR

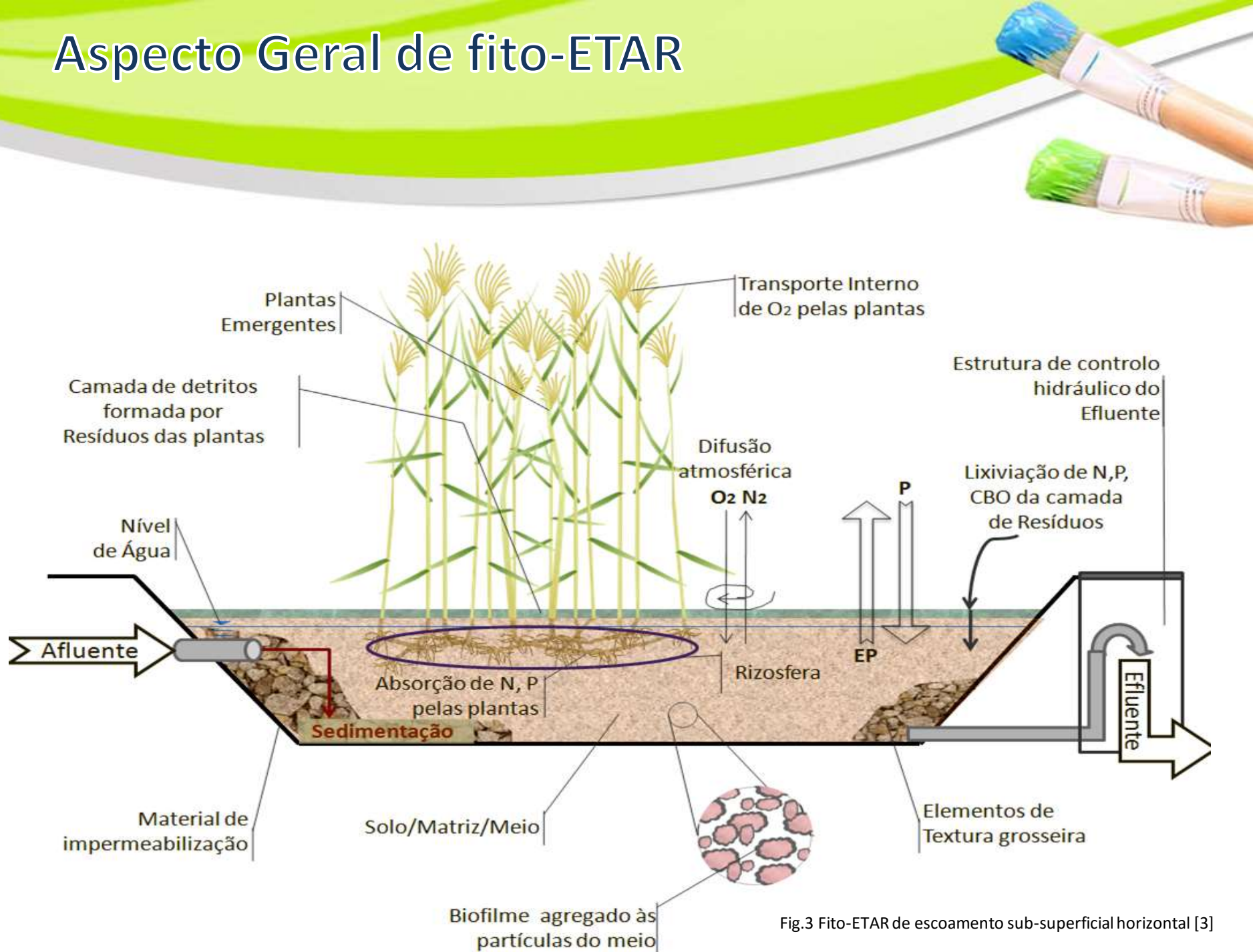


Fig.3 Fito-ETAR de escoamento sub-superficial horizontal [3]

Componentes das fito-ETAR



Os leitos das fito-ETAR possuem três componentes principais:



A componente fixa – inclui a matriz, a zona da rizosfera e os **biofilmes** (agregados microbianos que se desenvolvem espontaneamente nas superfícies sólidas em condições fisiológicas adequadas)



A componente hídrica - abrange o aflente, a água dentro da matriz, o efluente e todos os poluentes associados a estas três vertentes.



A componente atmosférica - regula o movimento dos gases para o interior e exterior da matriz/meio/solo e consequentemente, para a componente hídrica.

Mecanismos de depuração nas fito-ETAR



PARÂMETRO	MECANISMOS FÍSICOS	MECANISMOS QUÍMICOS	MECANISMOS BIOLÓGICOS
Sólidos Suspensos	Sedimentação	-----	Degradação microbiana
CBO ₅	Sedimentação	-----	Degradação microbiana
CQO	Sedimentação	-----	Degradação microbiana
Metais	Sedimentação	Precipitação; Adsorção; Troca iônica	Captação pelos microorganismos; Captação pelas plantas
Hidrocarbonetos de petróleo	Volatilização	Adsorção	Degradação microbiana; Captação pelas plantas
Hidrocarbonetos sintéticos	Sedimentação; Volatilização	Adsorção; Volatilização (NH ₄)	Degradação microbiana; Captação pelas plantas
Compostos azotados	Sedimentação	Precipitação; Adsorção	Captação e transformação pelos microorganismos; Captação pelas plantas
Fósforo orgânico e inorgânico	Sedimentação	-----	Captação pelos microorganismos; Captação pelas plantas
Organismos patogênicos	Sedimentação	-----	Mortalidade natural; predação microbiana

Eficiência de remoção nas fito-ETAR



A eficiência dos processos de remoção de poluentes é influenciada por uma grande variedade de factores inerentes ao próprio processo de remoção :

- As concentrações do afluente (CBO₅, CQO e sólidos suspensos)
- A espessura e porosidade do leito,
- As espécies de plantas utilizadas.

Parâmetro	CBO ₅	CQO	SST	Col. Totais	Col. Fecais	Estreptococos	Virus	E. Coli
Eficiência (%)	77.5	70	80.72	77.76	76	63.80	99	92.5

Valores médios de eficiências de remoção obtidos por tratamento de águas residuais através de sistemas baseados em leitos de macrófitos construídos, para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Eficiência de remoção nas fito-ETAR



- As fito-ETAR são **sistemas heterogêneos e dinâmicos** que sofrem flutuações nos parâmetros intrínsecos do processo mas também nos **parâmetros ambientais** (tais como precipitação, vento, exposição solar ou formação de gelo), influenciando também eficiência de remoção.
- Como exemplo dessa heterogeneidade, apresentam-se as condições de **oxidação-redução** existentes nos leitos, as fases **anaeróbias e aeróbias** que mudam num curto espaço de tempo (ocorrência e intensidade de precipitação), flutuações que são mais intensas na camada mais superficial dos leitos.

Balanço hidráulico e eficiência de remoção



Para a realização do balanço hidráulico é necessário conhecer os **processos de transporte** e de **retenção de água** no meio. Estes são muito complexos, uma vez que a superfície do sistema está continuamente **exposta a fluxos de energia** que criam **ciclos de temperatura, humidade relativa, evaporação** e até **fluxos de vapor de água** causados por gradientes de temperatura.

O conhecimento do **comportamento hidráulico** e do **balanço hidráulico** é essencial para que se possa avaliar :

A eficiência de depuração de uma fito-ETAR

Critérios para seleccionar as espécies a utilizar nas fito-ETAR



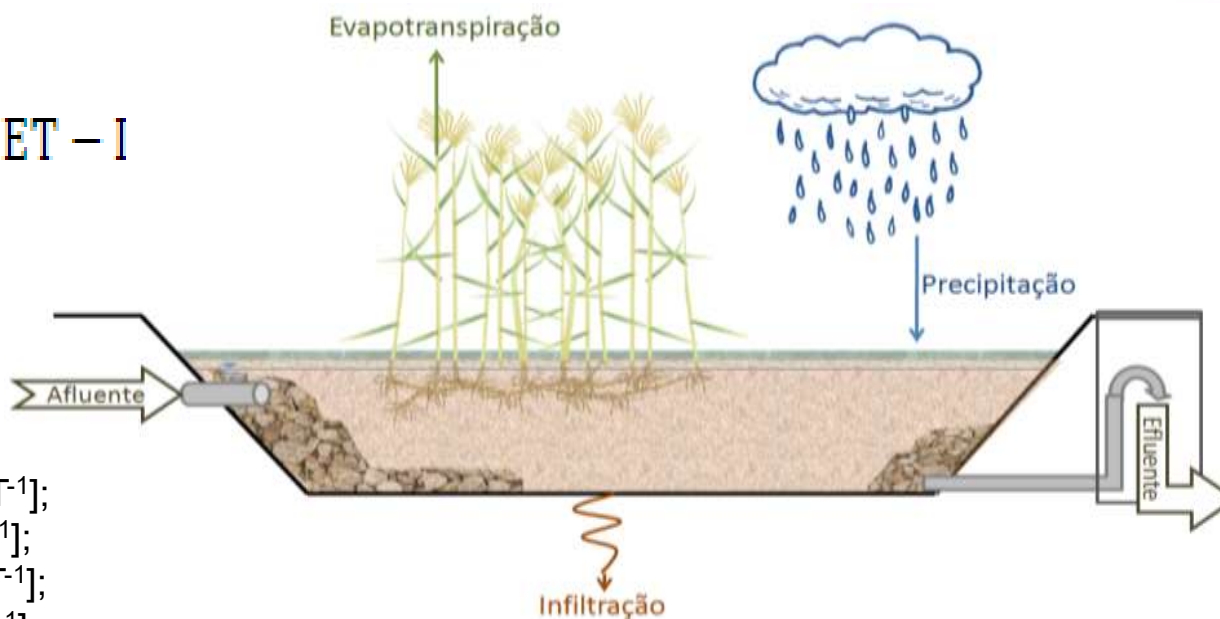
Resumo dos aspectos já descritos, para seleccionar as espécies mais adequadas à depuração em fito-ETAR:

- **Que sejam de crescimento rápido;**
- Para leitos de alturas superiores a 0.6 m deve optar-se por Phragmites, cujas raízes conseguem atingir profundidades da ordem dos 1 m;
- Sempre que os afluentes possam apresentar altos teores de sódio, como é o caso das águas residuais em povoações do litoral onde podem ocorrer infiltrações de águas salobras, é recomendável a utilização de caniços como “Phragmites australis” ou “Phragmites vulgaris”;
- Que as raízes se desenvolvam e cresçam rapidamente, pois normalmente este crescimento está relacionado com a presença de nutrientes, crescendo em profundidade à medida que estes vão diminuindo;
- Que tenham um elevado rendimento na depuração das águas residuais e na eliminação de nutrientes;
- Que tenham uma utilidade posterior, como forragem de currais ou incorporação na compostagem de detritos vegetais;
- Que sejam de fácil controlo;
- Que sejam resistentes à salinidade presente nas águas residuais, que varia ao longo do processo de tratamento devido às reações que vão ocorrendo.

Balanço hidráulico de uma fito-ETAR



$$\Delta V = Q_{in} - Q_{out} + P - ET - I$$



ΔV - armazenamento no leito [L^3T^{-1}];
 Q_{in} - caudal afluente ao leito [L^3T^{-1}];
 Q_{out} - caudal efluente do leito [L^3T^{-1}];
 P - precipitação sobre o leito [L^3T^{-1}];
 ET - evapotranspiração no leito [L^3T^{-1}];
 I - infiltração no fundo do leito [L^3T^{-1}].

A **infiltração** tem um valor, geralmente, nulo uma vez que representa uma saída de água que ocorre somente se o leito não se encontrar impermeabilizado.

Dimensionamento de Fito-ETAR



Factores que determinam o dimensionamento:

- 1. Topografia – geralmente escolhem-se locais planos ou com algum declive, evitando maiores gastos em unidades de bombagem**
 - 1. Riscos de cheias – As zonas húmidas artificiais (ZHA) não podem ser construídas em leitos de cheia**
 - 2. Uso do solo existente – será conveniente ter em consideração a preservação da área envolvente, pelo que deve ser feito um levantamento do uso do solo e suas condicionantes.**
 - 3. Clima – mesmo prevendo o caudal de águas residuais afluente ao sistema, a modelação do balanço à água numa ZHA deve abranger variações semanais e mensais na precipitação. As variações de temperatura também afectam o tratamento.**

Dimensionamento de Fito-ETAR



- **Parâmetros de projecto que influenciam de modo decisivo o tratamento**
 1. **Tempo de retenção hidráulico (de acordo com a eficiência de remoção dos vários poluentes);**
 2. **Carga de poluentes;**
 3. **Coeficientes de remoção dos poluentes;**
 4. **Carga hidráulica;**
 5. **Taxa de inundação;**
 6. **Área e geometria do leito;**
 7. **Condutividade hidráulica (dependente do tipo de enchimento utilizado)**

Dimensionamento de Fito-ETAR

Concepção e Dimensionamento do Sistema de Tratamento

O sistema de tratamento que constitui a ETAR apresenta:

1. **Obra de entrada – estada elevatória inicial;**
2. **Fossa séptica;**
3. **Tratamento complementar, biológico, em leito de macrófitas.**

Leitos de macrófitas

O dimensionamento dos leitos de macrófitas consiste na determinação da área necessária e da altura dos próprios leitos tendo em conta o objectivo de assegurar uma concentração de CBO_5 no efluente final de **25 mg/l**.

A área mínima necessária para os leitos de macrófitas é calculada através da aplicação da expressão de KicKuth (EPA,1993) em função do caudal, das características do material de enchimento e sua profundidade, da temperatura ambiente e exigências em termos de qualidade do efluente final

Dimensionamento de Fito-ETAR



- **Características típicas de meios de enchimento incluindo o meio de enchimento Filtralite**

Meio	Diâmetro efectivo (mm)	Porosidade da partícula	Condutividade hidráulica (m/d)
Areia grosseira	2	0,28 a 0,32	100 a 1000
Areão	8	0,30 a 0,35	500 a 5000
Gravilha fina	16	0,35 a 0,38	1000 a 10 000
Gravilha média	32	0,36 a 0,40	10 000 a 50 000
Gravilha grosseira	128	0,38 a 0,45	50 000 a 250 000
Filtralite NR 2-4	2-4	0,75 a 0,80	2 100
Filtralite NR 4-10	4-10	0,40 a 0,45	8 400

Dimensionamento de Fito-ETAR

Expressão de Kickuth

$$A_{\min} = Q \times \frac{(\ln CBO_a - \ln CBO_e)}{(K_T \times h \times \phi)}$$

Dimensionamento de Fito-ETAR

Em que:

A_{min} - Área mínima necessária (m^2)

Q - Caudal médio afluente ao leito (m^3/dia)

CBO_a - Concentração de CBO_5 no afluente (mg/l)

CBO_e - Concentração de CBO_5 no efluente (mg/l)

K_T - Constante que depende da temperatura média anual do efluente, expressa em $^{\circ}C$., sendo o respectivo valor dado pela expressão:

$$K_T = K_{20} \times 1,06^{(T-20)} \text{ (dia}^{-1}\text{)}$$

Sendo o valor de K_{20}

$K_{20} = 1,84$ (areia média, com 10% de tamanho grão máximo de 1 mm)

$K_{20} = 1,35$ (areia grossa, com 10% de tamanho grão máximo de 2 mm)

$K_{20} = 0,86$ (gravilha média, com 10% de tamanho grão máximo de 8 mm)

e = Altura do leito (m)

ϕ = Porosidade média

T - Temperatura média do efluente

Vantagens Vs. Desvantagens

Vantagens	Desvantagens
Custos de construção e operação baixos comparativamente com os sistemas convencionais (e.g. lamas activadas ou leitos percoladores);	Necessidade de maiores áreas para implantação que os sistemas convencionais (lamas activadas ou leitos percoladores);
Necessidade de menores áreas para implantação que os sistemas de lagunagem de estabilização (sem plantas);	Possível colmatação do leito devido à presença de elevadas concentrações de matéria orgânica e matéria sólida;
Elevadas eficiências de remoção de matéria orgânica, matéria sólida, nutrientes (azoto e fósforo) e metais pesados;	Apresenta eficiências sazonais, influenciadas pelas épocas vegetativas e não vegetativas;
Impacte visual positivo; Obtenção de benefícios adicionais, nomeadamente, espaços verdes, habitats “naturais” e áreas de recreio ou educacionais.	As eficiências de tratamento mais elevadas podem são atingidas dois a três anos após o início da exploração;
Fácil operação e manutenção;	Possível aparecimento de roedores e insectos, nomeadamente mosquitos (depende do tipo de sistema).
Boa adaptação às condições climáticas do país;	
Reduzida emissão de odores (sistemas com escoamento sub-superficial);	
Dispensa a utilização de químicos;	
Possibilidade de reutilização do efluente final;	
Gastos de energia relativamente baixos;	
Tolerância a variações de cargas hidráulicas, orgânicas e inorgânicas.	

Águas Residuais no Panorama Nacional

