

MÓDULO DO CURSO

SOLUÇÕES EM DESTINAÇÕES DE LODOS EM ETAS E ETES



INSTRUTOR:

Ricardo Franci

+ PARTICIPAÇÃO:

DR. NEYSON MARTINS MENDONÇA



UCCW



UNIVERSIDADE
CORPORATIVA

HOME SOBRE NÓS CURSOS EVENTOS CONTATO

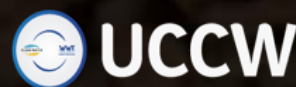


SOLUÇÕES EM DESTINAÇÕES DE LODOS EM ETAS E ETES



INSTRUTOR:
Ricardo Franci

+ PARTICIPAÇÃO:
DR. NEYSON MARTINS MENDONÇA



Soluções em destinações de lodos em ETEs



Ricardo Franci Gonçalves
Eng. Civil e Sanitarista, D.Ing.
Professor Titular – Depto. Enga. Ambiental – UFES

Neyson Martins Mendonça
Eng. Sanitarista, D.
Professor – Dpto. Enga. Sanit. e Ambiental – UFPA

- 1 – Principais conceitos e definições
- 2 - Produção de Lodo nos processos de tratamento
- 3 - Relações Fundamentais e Balanço de Massa
- 4 - Contaminantes Químicos e Biológicos do Lodo
- 5 – Fluxogramas e Etapas do gerenciamento de lodos
- 6 – Sustentabilidade ambiental x gerenciamento de lodos



UCCW

Conceitos e definições



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW

Afinal, o que é lodo de esgotos?....

Lodo é o principal subproduto da universalização dos serviços de saneamento

Biossólido



Lodo em condições de ser reciclado na agricultura

Atende requisitos físico-químicos e biológicos



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

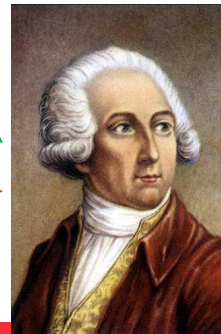
Sua produção é inevitável

Conservação de massa

*Na natureza, nada se cria, nada se perde,
tudo se transforma.*



Mikhail Lomonossov
1711 – 1765
Rússia



Antoine de Lavoisier
1743 - 1794
França





UCCW

Quatro fatos inquestionáveis sobre lodo de ETE's

1. Sua produção é inevitável, porém ela pode ser modulada
2. Sua produção vai aumentar muito no Brasil
3. Seu gerenciamento custa caro para a sociedade
4. É uma fonte de recursos importantes para a economia



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES

Todos sistemas de tratamento biológico de águas residuárias geram lodo

Lodo Primário: sedimentação de material particulado

Lodo Secundário ou biológico: mistura de massa bacteriana e sólidos não-biodegradáveis e que cresce no reator (aeróbio ou anaeróbio).

Lodo físico-químico: coagulação – floculação





UCCW

Segregação do custo de implantação da ETE Alegria (RJ)

Lodos Ativados e Digestão Anaeróbia e Centrifugação de Lodo

Discriminação	Custos parciais (%)
Serviços gerais, infra-estrutura e urbanização	19,4
Eletricidade, instrumentação e automação	14,1
Elevatória de esgoto bruto	6,6
Unidades do tratamento preliminar	3,2
Unidades do tratamento primário	6,7
Unidades do tratamento secundário	38,8
Unidades do tratamento do lodo	11,1

Fonte: Jordão, E. P.



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW

O sucesso operacional de uma ETE depende do gerenciamento de lodo



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES



a) Relação entre teor de sólidos e de umidade:

$$\text{Umidade (\%)} = 100 - \text{Sólidos secos (\%)}$$

- Lodo com um teor de sólidos secos de 2,0 % possui uma umidade de 98%.
- Em cada 100 kg de lodo, 98 kg = água e 2 kg = sólidos.

A umidade influi nas propriedades mecânicas do lodo, sendo que estas influenciam no tipo de manuseio e de disposição final do lodo (Haandel e Lettinga, 1994):

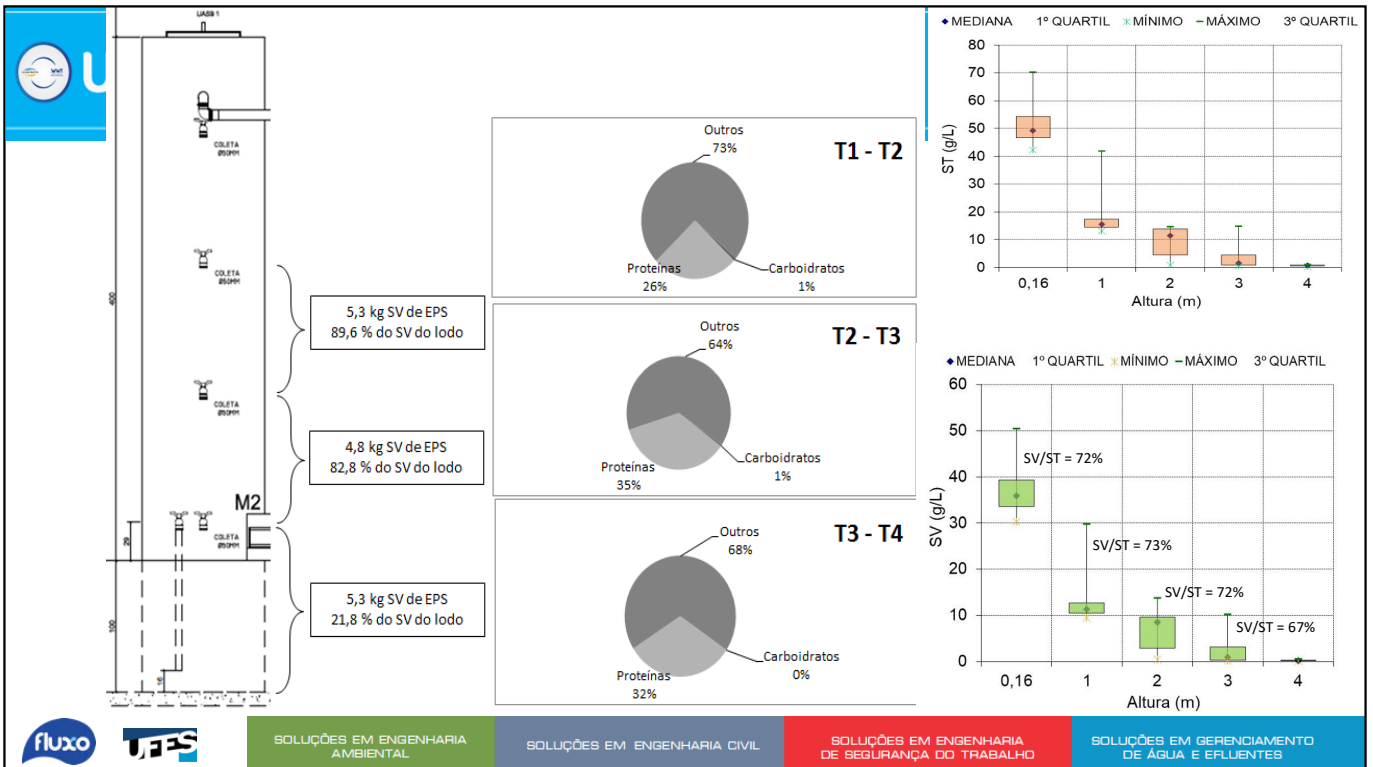
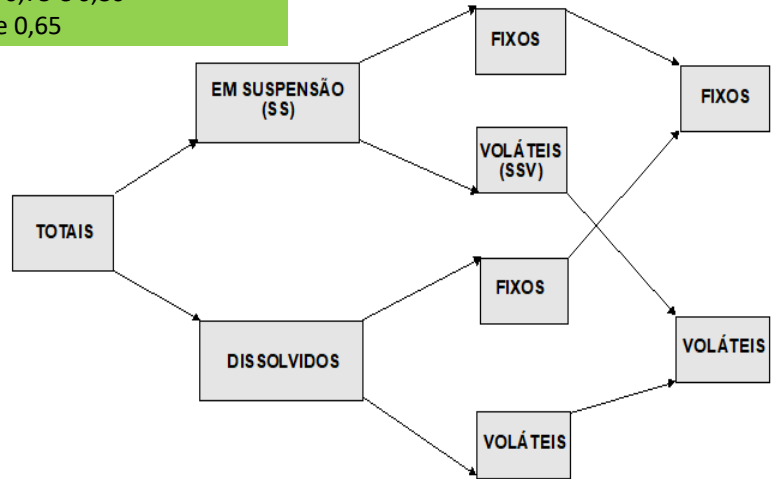
- ✓ Umidade de 100% a 75% → lodo fluido
- ✓ Umidade de 75% a 65% → torta semi-sólida
- ✓ Umidade de 65% a 40% → sólido duro
- ✓ Umidade de 40% a 15% → lodo em grânulos
- ✓ Umidade de 15% a 0% → lodo desintegrado em pó fino

A água no lodo pode ser dividida em quatro classes distintas:

- ✓ **Água livre** - Pode ser removida por gravidade (adensamento, flotação)
- ✓ **Água adsorvida** - Pode ser removida por força mecânica ou com floclulantes.
- ✓ **Água capilar** - Mantém-se adsorvida à fase sólida por força capilar, distinguindo-se da água adsorvida pela necessidade de uma força maior para sua separação.
- ✓ **Água celular** - É parte da fase sólida e só pode ser removida através de uma mudança no estado de agregação da água, isto é, através de congelamento ou evaporação.

A relação SV/ST indica da fração orgânica dos sólidos do lodo (digestão do lodo).

- ✓ Lodos não digeridos → (SV/ST) entre 0,75 e 0,80
- ✓ Lodos digeridos → SV/ST entre 0,60 e 0,65





Lodo Secundário Aeróbio

Fração de massa bacteriana elevada
→ 50 a 90%

Em ambiente anaeróbio torna-se substrato para o lodo anaeróbio.

Lodo Secundário Anaeróbio

Fração de massa bacteriana
→ 2 a 20%

Na presença de O₂ é metabolizado pelo lodo aeróbio

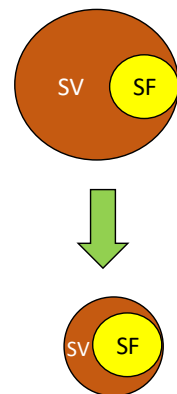


- ✓ Remoção ou destruição dos sólidos voláteis (SV).
- ✓ A quantidade de sólidos fixos (SF) permanece inalterada.

A composição dos sólidos antes e após a digestão:

$$ST_{\text{afluente}} \text{ (kg/d)} = SV_{\text{afluente}} \text{ (kg/d)} + SF_{\text{afluente}} \text{ (kg/d)}$$

$$ST_{\text{efluente}} = (1 - E) \times SV_{\text{afluente}} + SF_{\text{afluente}}$$



Eficiências típicas de remoção de SV na digestão: E = 45 a 60%



A densidade da mistura água – sólidos depende da distribuição relativa entre estes três constituintes do lodo.

- ✓ Sólidos fixos ~ 2,5 (Crites e Tchobanoglous, 2000),
- ✓ Sólidos voláteis ~ 1,0.
- ✓ Água = 1,0.

A densidade dos sólidos pode ser aproximada por (Metcalf & Eddy, 1991; Crites e Tchobanoglous, 2000):

$$\text{Densidade sólidos} = \frac{1}{\left(\frac{(SF/ST)}{2,5} + \frac{(SV/ST)}{1,0} \right)}$$

A densidade do lodo (mistura sólidos – água) pode ser estimada por:

$$\text{Densidade lodo} = \frac{1}{\left(\frac{\text{Fração sól. no lodo}}{\text{Densidade lodo}} + \frac{\text{Fração água no lodo}}{1,0} \right)}$$

- ✓ Fração de sólidos no lodo = Sólidos secos (ST), expressos em decimais.
- ✓ Fração de água no lodo = Umidade, expressa em decimais.

**UCCW**

Faixas de densidades e massas específicas de diversos tipos de lodo (calculada com as equações)

Tipo de lodo	Relação SV/ST	% sólidos secos	Densidade dos sólidos	Densidade do lodo	Massa específica (kg/m ³)
<i>Lodo primário</i>	0,75 – 0,80	2 – 6	1,14 – 1,18	1,003 – 1,01	1003 – 1010
<i>Lodo secundário anaeróbio</i>	0,55 – 0,60	3 – 6	1,32 – 1,37	1,01 – 1,02	1010 – 1020
<i>Lodo secundário aeróbio (LA conv.)</i>	0,75 – 0,80	0,6 – 1,0	1,14 – 1,18	1,001	1001
<i>Lodo secundário aeróbio (aer. prol.)</i>	0,65 – 0,70	0,8 – 1,2	1,22 – 1,27	1,002	1002
<i>Lodo de lagoa de estabilização</i>	0,35 – 0,55	5 – 20	1,37 – 1,64	1,02 – 1,07	1020 – 1070
<i>Lodo primário adensado</i>	0,75 – 0,80	4 – 8	1,14 – 1,18	1,006 – 1,01	1006 – 1010
<i>Lodo secundário adensado (LA conv.)</i>	0,75 – 0,80	2 – 7	1,14 – 1,18	1,003 – 1,01	1003 – 1010
<i>Lodo secundário adensado (aer. prol.)</i>	0,65 – 0,70	2 – 6	1,22 – 1,27	1,004 – 1,01	1004 – 1010
<i>Lodo misto adensado</i>	0,75 – 0,80	3 – 8	1,14 – 1,18	1,004 – 1,01	1004 – 1010
<i>Lodo misto digerido</i>	0,60 – 0,65	3 – 6	1,27 – 1,32	1,007 – 1,02	1007 – 1020
<i>Lodo desidratado</i>	0,60 – 0,65	20 – 40	1,27 – 1,32	1,05 – 1,1	1050 – 1100



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

**UCCW**

Faixas de densidades e massas específicas de diversos tipos de lodo (valores usuais)

Valores usuais de densidades do lodo

Tipo de lodo	Densidade	Massa específica (kg/m ³)
<i>Lodo primário</i>	1,02 - 1,03	1020 - 1030
<i>Lodo secundário anaeróbio</i>	1,02 - 1,03	1020 - 1030
<i>Lodo secundário aeróbio</i>	1,005 - 1,025	1005 - 1025
<i>Lodo adensado</i>	1,02 - 1,03	1020 - 1030
<i>Lodo digerido</i>	1,03	1030
<i>Lodo desidratado</i>	1,05 - 1,08	1050 - 1080



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

- ✓ A concentração de sólidos em um lodo é expressa na forma de sólidos secos, excluindo-se o peso da água componente do lodo.
- ✓ A concentração pode ser em mg/l ou em % (expressão mais usual para o processamento do lodo), sendo que ambos se relacionam da seguinte forma:

$$\text{Concentração (\%)} = \frac{\text{Concentração (mg/L)} \times 100}{1 \times 10^6 \text{ (mg/kg)} \times \text{Massa específica (kg/L)}}$$

- ✓ Como a massa específica do lodo é bem próxima a 1,0 (exceção do lodo desidratado):

$$\text{Concentração (\%)} \approx \frac{\text{Concentração (mg/l)}}{10.000}$$

Um lodo com uma concentração de 20.000 mg/l pode ter esta mesma concentração expressa como $20.000/10.000 = 2,0 \%$ de sólidos secos. Assim, cada 100 kg (ou 100 litros) de lodo possuem 2 kg de sólidos secos (e 98 kg de água).

- ✓ 1000 kg (ou 1000 litros, ou 1 m³) de lodo possuem 20 kg de sólidos secos (ou 20.000 g de sólidos secos).
- ✓ 20.000 g de sólidos secos em 1 m³ de lodo, ou 20.000 gST/m³, ou 20.000 mgST/L (mg/L = g/m³)

O dimensionamento das etapas de tratamento e disposição final do lodo é feito com:

- Vazão de lodo ou,
- Carga de sólidos secos (massa por unidade de tempo).

Vazão = Carga / Concentração

$$\text{Vazão lodo (m}^3\text{/d)} = \frac{\text{Carga SS (kgSS/d)}}{\frac{\text{Sól.secos (\%)}{100} \times \text{Massa específica lodo (kg lodo/m}^3\text{ lodo)}}$$

Como a massa específica do lodo é bem próxima de 1000 kg/m³:

$$\text{Vazão lodo (m}^3\text{/d)} = \frac{\text{Carga SS (kgSS/d)}}{\text{Sól.secos (\%)} \times 10}$$

Um lodo com uma carga de sólidos de 120 kgST/d e uma concentração de sólidos de 2,0 % (20.000 mg/l) terá uma vazão de:

$$120(\text{kgST/d}) / (2,0 \times 10) = 120/20 = 6,0 \text{ m}^3\text{/d}$$



Para se estimar a carga de ST a partir da vazão de lodo e da concentração de SS, pode-se trabalhar com o rearranjo de equações anteriores:

Carga = Vazão x Concentração

$$\text{Carga (kgSS/d)} = \frac{\text{Vazão (m}^3/\text{d)} \times \text{Concentração (g/m}^3\text{)}}{1000 \text{ (g/kg)}}$$

✓ A conversão de unidades baseia-se no fato de que mg/L é o mesmo que g/m³ (como visto acima).



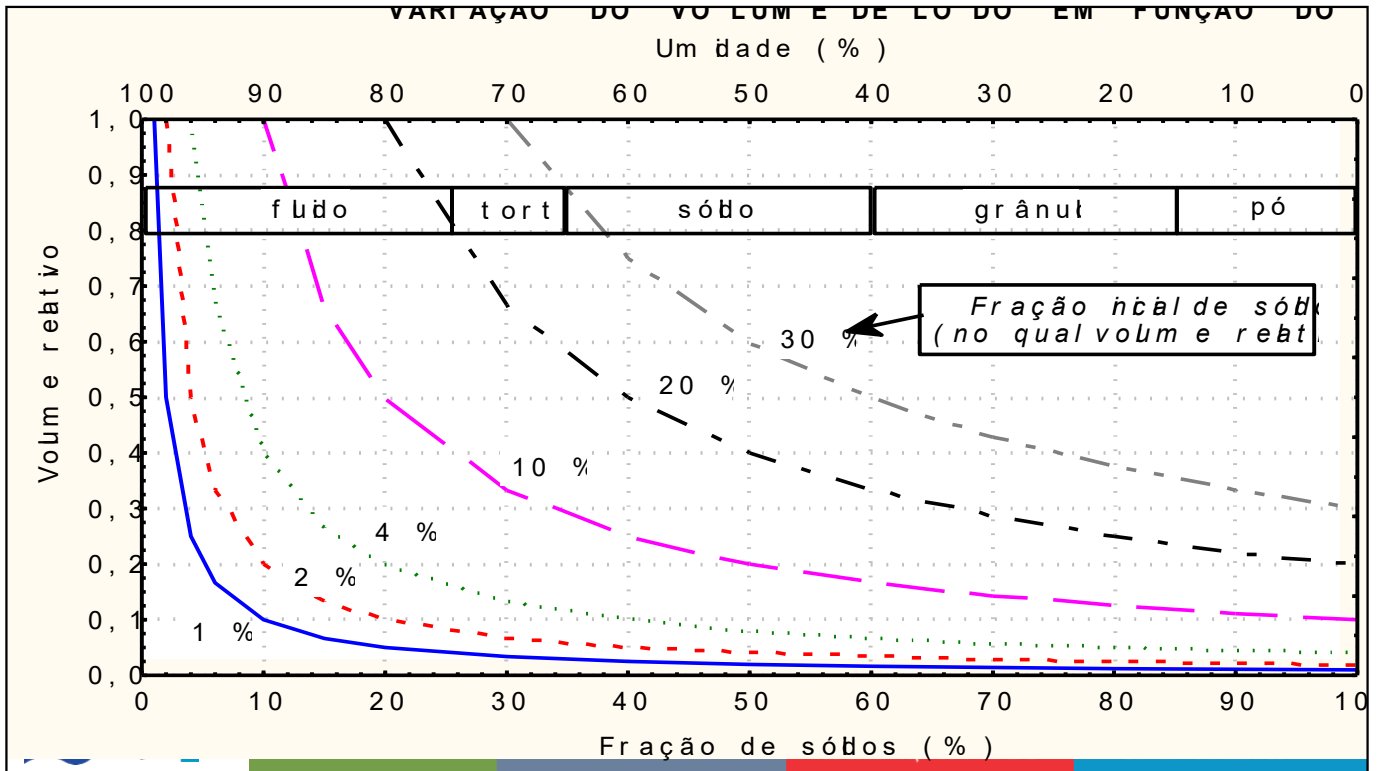
- ✓ Um lodo com 20.000 mg/L é o mesmo que um lodo com 20.000 g/m³.
- ✓ Caso a vazão seja de 6 m³/d, a carga de sólidos será:
 - 6x20.000/1000 = 120 kg de sólidos secos por dia, ou
 - 120 kgSS/d.



Cálculo aproximado → volume de lodo (vazão) varia inversamente com a concentração de sólidos secos (admitindo-se lodos com pesos específicos iguais a 1,0 e captura dos sólidos de 100%):

$$\frac{\text{Vazão lodo } 1}{\text{Vazão lodo } 2} = \frac{\text{Conc. SS } 2 (\%)}{\text{Conc. SS } 1 (\%)}$$

- ✓ Um lodo com uma concentração de SS de 2,0% e uma vazão de 6 m³/d passará a ter a seguinte vazão, caso a concentração de SS seja elevada para 5,0% em um adensador: $(6 \text{ m}^3/\text{d} \times 2,0) / 5,0 = 2,4 \text{ m}^3/\text{d}$.
- ✓ Os outros 3,6 m³/d (= 6,0-2,4) são o drenado desta etapa de adensamento, e devem retornar para a cabeceira da estação.
- ✓ A grande redução do volume de lodo (de 6,0 para 2,4 m³/d) justifica a etapa de adensamento.



UCCW Contaminantes do lodo de ETEs

MINI-AUDITÓRIO E SALA DE ESTUDOS
LOCALIZAÇÃO DO DEIX
MEDIDOR DE VAZÃO
LEITOS DE SECAGEM

fluxo TFS

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW

Características Indesejáveis ao Gerenciamento

Instabilidade Biológica: Nos lodos primário e aeróbio há uma grande fração de material orgânico biodegradável.

Composição físico-química e biológica inadequada:

- ✓ Grande variedade de vírus, bactérias e parasitas (protozoário, ovos de nematóides e helmintos).
- ✓ Eventual contaminação com metais pesados e compostos orgânicos.

Grande Volume: concentração de sólidos baixa de modo que seu volume é considerável. Método de separação de fases para reduzir o teor de água.



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW

Efluentes industriais e domésticos

INDUSTRIAIS

- ✓ baixa carga hidráulica
- ✓ alta carga orgânica
- ✓ controle de “produção” interno

DOMÉSTICOS

- ✓ alta carga hidráulica
- ✓ baixa carga orgânica
- ✓ controle de “produção” externo

LODO

- Metais Pesados
- Patógenos



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES

Parâmetros	Lodo primário bruto		Lodo primário digerido		Lodo ativado bruto
	Faixa	típico	Faixa	típico	Faixa
Sólidos totais (% ST)	2,0 – 8,0	5,0	6,0 – 12,0	10,0	0,83 – 1,16
Sólidos voláteis (% dos ST)	60 – 80	65	30 – 60	40	59 – 88
- Solúveis em éter	6 – 30	-	5 – 20	18	-
- Extraídos com éter	7 – 35	-	-	-	5 – 12
Proteína (% dos ST)	20 – 30	25	15 – 20	18	32 – 41
Nitrogênio (N, % dos ST)	1,5 – 4	2,5	1,6 – 6,0	3,0	2,4 – 5,0
Fósforo (P ₂ O ₅ , % dos ST)	0,8 – 2,8	1,6	1,5 – 4,0	2,5	2,8 – 11,0
Potássio (K ₂ O, % dos ST)	0 – 1	0,4	0,0 – 3,0	1,0	0,5 – 0,7
Celulose (% dos TS)	8,0 – 15,0	10,0	8,0 – 15,0	10,0	-
Ferro (não na forma de sulfeto)	2,0 – 4,0	2,5	3,0 – 8,0	4,0	-
Sílica (SiO ₂ , % dos ST)	15,0 – 20,0	-	10,0 – 20,0	-	-
pH	5,0 – 8,0	6,0	6,5 – 7,5	7,0	6,5 – 8,0
Alcalinidade (mg/l em CaCO ₃)	500 – 1.500	600	2.500 – 3.500	3.000	580 – 1.100
Ácidos orgânicos (mg/l em HAc)	200 – 2.000	500	100 – 600	200	1.100 – 1.700
Conteúdo energético (kJ/kg)	10.000 – 12.500	11.000	4.000 – 6.000	5.000	8.000 – 10.000



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

Microrganismos no lodo

Parâmetros	Lodo primário bruto		Lodo secundário		Lodo misto
	Faixa	Valor típico	Faixa	Valor típico	Faixa
Coliformes totais (unidades/g ST secos)	1,0 x 10 ⁶ – 1,2 x 10 ⁸	1,0 x 10 ⁷	8,0 x 10 ⁶ – 7,0 x 10 ⁸	1,0 x 10 ⁷	3,8 x 10 ⁷ - 1,1 x 10 ⁹
Coliformes fecais (unidades/g ST secos)	1,0 x 10 ³ - 1,0 x 10 ⁷	1,0 x 10 ⁶	8,0 x 10 ⁶ – 7,0 x 10 ⁸	1,0 x 10 ⁷	1,1 x 10 ⁵ – 1,9 - 10 ⁶
Streptococcus fecais . (unidades/g ST secos)	-	8,9 x 10 ⁵	1,0 x 10 ³ - 1,0 x 10 ⁷	1,0 x 10 ⁶	1,6 x 10 ⁶ - 3,7 x 10 ⁶
Salmonella sp. (unidades/g ST secos)	-	4,1 x 10 ²	-	8,8 x 10 ²	7,0 – 2,9 x 10 ²
Vírus entéricos (UFC/g ST secos)	6,9 - 1400	-	-	3,2 x 10 ²	3,6 x 10 ²
Ovos e cistos de parasitas . (unidades/g ST secos)	10 - 10 ³	10 ²	10 - 10 ³	10 ²	0 - 50



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

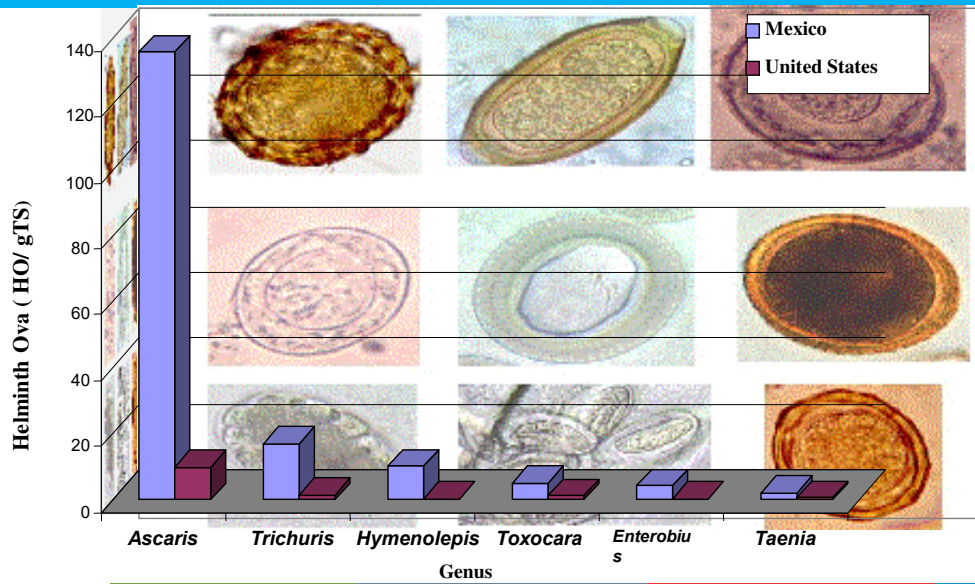
SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW Helmintos em lodos dos EUA e do México



Fonte: Jimenez, B.



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW

Ascaris macho e fêmea



Fonte: Jimenez, B.



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



Fonte: Jimenez, B.

Estação	Tipo de processo	Cu mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Hg mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Fe g/kg
V. Nova	Lag. Anaeróbia	91	14	73	40	2	86	-	232	470	44,0
Valparaíso	Lagoa aerada	190	6	63	30	2	95	2,5	118	1512	21,7
Mata Serra	Lag. facultativa	111	9	50	32	2	100	1,8	129	710	38,5
Eldorado	Lag. anaeróbia	95	8	44	25	3	80	1,5	118	632	34,0
Paraná	Valo oxidação	401	-	125	81	<2,5	268	-	-	1340	-
Paraná	UASB	299	-	190	94	<2,5	343	-	-	1070	-
Paraná	Lodo ativado	439	-	178	73	-	123	1,0	-	824	-
Paraná	UASB	89	-	58	40	-	64	0,5	-	456	-
Barueri	Lodo ativado	917	-	670	364	21	200	2,6	-	1876	-
Susano	Lodo ativado	811	-	2495	212	603	352	24,6	-	1880	-

UCCW	Metais pesados	EUA – USEPA Part 503		Europa – Diretiva 86/278/EEC	
		Concentração máxima	Qualidade excepcional	Recomendado	Obrigatório
		(mg / kg MS)	(mg / kg MS)	(mg / kg MS)	(mg / kg MS)
	Zinco	7500	2800	2500	4000
	Cobre	4300	1500	1000	1750
	Níquel	420	420	300	400
	Cádmio	85	39	20	40
	Chumbo	840	300 **	750	1200
	Mercúrio	57	17	16	25
	Cromo	3000	1200	-	-
	Molibdênio	75 ++	18 ++	-	-
	Selênio	100	36	-	-
	Arsênico	75	41	-	-
	Metais pesados	Carga máxima (kg / ha / ano)	Conc. no solo (mg / kg MS)	Carga máxima (kg / ha / ano)	Conc. no solo (mg / kg MS)
	Zinco	140	1460	30	150 – 450 (3)
	Cobre	75	770	12	50 – 21 (3)
	Níquel	21	230	3	30 – 112 (3)
	Cádmio	1,9	20 (4)	0,15	1 – 3
	Chumbo	15 (4)	180 (4)	15	50 – 300
	Mercúrio	0,85	8,5 (4)	0,1	1 – 1,5
	Cromo	150	1530	-	-
	Molibdênio	0,9 (5)	9,5 (5)	-	-
	Selênio	5	50 (4)	-	-
	Arsênico	2	21 (4)	-	-



Classificação dos resíduos sólidos segundo a legislação ambiental e a ABNT



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

1 – Objetivos da Higienização: Uso, Normas e Patógenos

1) ABNT N°12209/2011

7 Tratamento de lodos (fase sólida) → Os processo utilizados na fase sólida devem ser selecionados e dimensionados considerando os aspectos de segurança operacional, garantindo o fluxo contínuo do tratamento do lodo e incluindo equipamentos reserva ou formas alternativas a este tratamento

2) Resolução CONAMA N°498/2020:

Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências.

- 11 substâncias químicas: As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Mo, Ni, Se e Zn
- Classes A e B:
 - Classe A: 10^3 E.Coli/gST e $<1,0$ OHV/gST
 - Classe B: 10^6 E.Coli/gST

3) MAPA IN. N°27/2006:

ANEXO IV - Limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas e condicionadores de solo

- As, Cd, Pb, Cr, Hg, Ni e Se ≈ 07 substâncias químicas
- 10^3 CT/gST; $1,0$ OHV/4gST; *Salmonella sp* ausência/10gMS ≈ 02 grupos micro-biológicos.

4) Resolução CONAMA N°420/2009:

Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

- Grupo de substâncias inorgânicas ≈ 20 – Metais e íons
- Grupo de substâncias orgânicas específicas ≈ 68 - HCA, HPA

ABNT N°12209/2011

NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 12209

Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de efluentes sanitários

MAPA IN. N°27/2006

SECRETARIA DE DEFESA AGRÍCOLA, PECUÁRIA E AGROPECUÁRIO

SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA

SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA

SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA

RSC N°498/2020

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

RESOLUÇÃO Nº 498, DE 19 DE ABRIL DE 2020

Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências.

RSC N°420/2009

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

RESOLUÇÃO Nº 420, DE 10 DE ABRIL DE 2009

Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

1 – Objetivos da Higienização: Uso, Normas e Patógenos

2) CONAMA N°498/2020: Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências.

USO E CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO – BIOSÓLIDO

Classe A



- Cultivo de alimentos consumidos crus e cuja parte comestível tenha contato com o solo
- Pastagens e Forrageiras

- 1) Critério – microbiológico: $<10^3$ E.Coli/gST ; $<1,0$ OHV/gST;
- 2) Critério – substância química: observar valores da Tabela 3 da RSC N°498/2020.

Classe B



- Cultivo de produtos alimentícios que não sejam consumidos crus e produtos não alimentícios.
- Pastagens e Forrageiras
- Árvores frutíferas

- 1) Critério – microbiológico: $<10^6$ E.Coli/gST ; $<1,0$ OHV/gST;
- 2) Critério – substância química: observar valores da Tabela 3 da RSC N°498/2020.

Tabela 3. VMP de substância química no biossólido para uso no solo

Substâncias Químicas	VMP biossólido (mg/kg ST)	
	CLASSE A	CLASSE B
Arsênio (As)	41	75
Bário (Ba)	1300	1300
Cádmio (Cd)	39	85
Chumbo (Pb)	300	840
Cobre (Co)	1.500	4.300
Cromo (Cr)	1.000	3.000
Mercúrio (Hg)	17	57
Molibdênio (Mo)	50	75
Níquel (Ni)	420	420
Selênio (Se)	36	100
Zinco (Zn)	2.800	7.500

NT: Não é permitido pela RSC N°498/2020

- i) lodo de estação de tratamento de efluentes de estabelecimentos de serviços de saúde, de portos e aeroportos
- ii) lodos provenientes de sistema de tratamento individual, coletados por veículos, antes de seu tratamento por uma UGL;
- iii) lodo classificado como perigoso de acordo com as normas brasileiras vigentes. ⇒ NBR 10.004 (Ensaio de lixiviação e de solubilização).



UCCW ABNT – NBR 10.004/2004 → classificação de resíduos sólidos

✓ Resíduos → identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido;

✓ NBR 10.004/2004 → classifica os resíduos sólidos tais como:

- Resíduos classe I – Perigosos;
- Resíduos classe II – Não Perigosos;
- Resíduos classe IIA – Não Inertes
- Resíduos classe II B – Inertes. (ABNT, 2004).



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

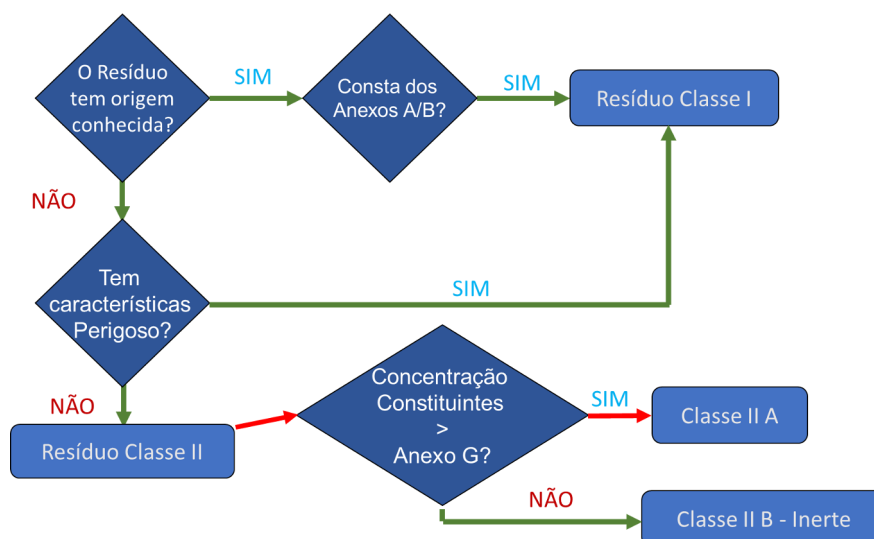
SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW ABNT – NBR 10.004/2004 → classificação de resíduos sólidos



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

Classe I: Perigosos

- Inflamabilidade,
- Corrosividade,
- Reatividade,
- Patogenicidade.

Classe II A: Não inertes

- Combustibilidade;
- Biodegradabilidade;
- Solubilidade em água.

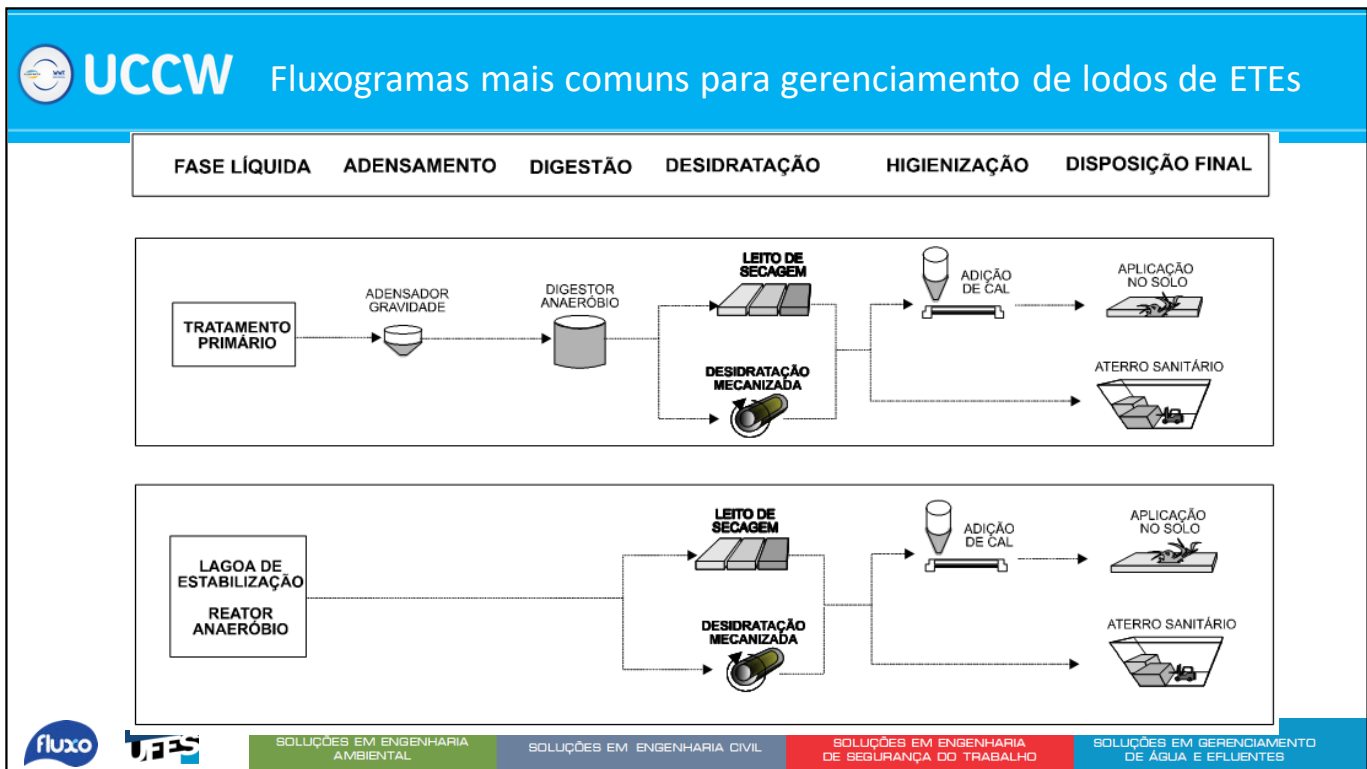
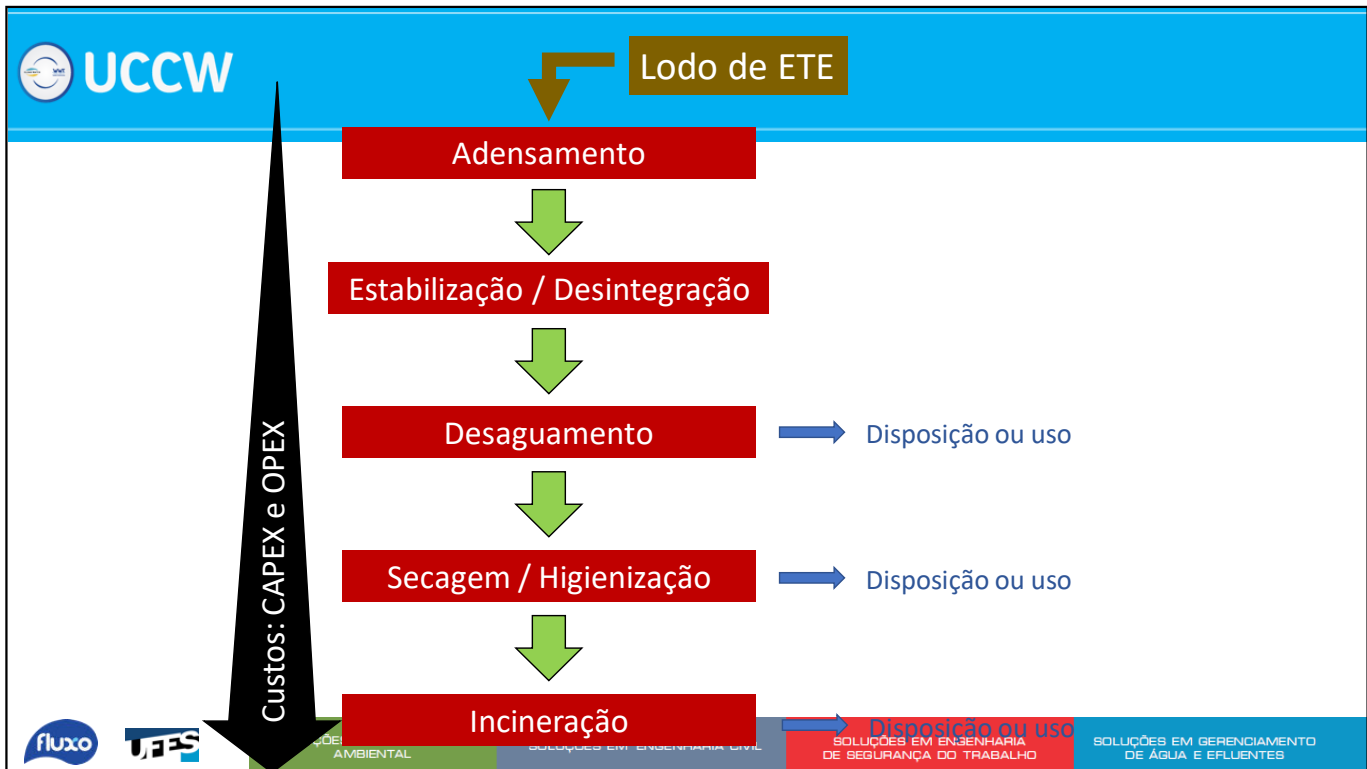
Classe II B: Inertes.

- Solubilidade em água: Anexo G

- ✓ Lodos de ETE → classe II A, porque não são classificados segundo os critérios de patogenicidade. Porém, a classificação obrigatoriamente tem que ser feita caso a caso.
- ✓ Exceção: resíduos originados na assistência à saúde da pessoa ou animal.

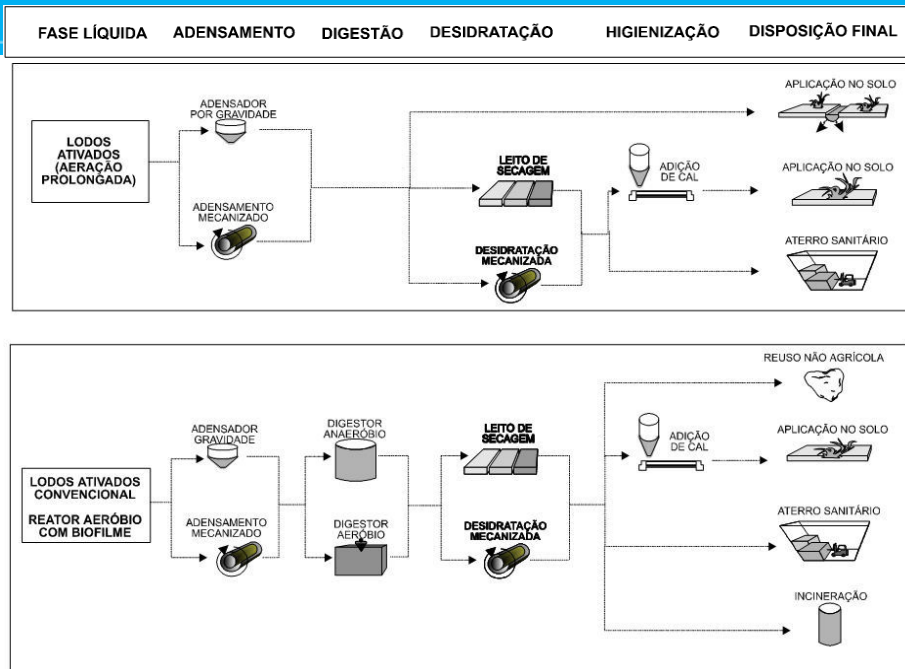
Etapas do gerenciamento do lodo de ETEs







UCCW Fluxogramas mais comuns para gerenciamento de lodos de ETEs



SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW Principais alterações no Lodo durante o tratamento

Digestão:

- Massa de ST (redução dos SSV) ↓

Adensamento, desaguamento, secagem:

- Concentração de ST (sólidos secos) ↑
- Volume de lodo ↓

Higienização:

- Concentração de patógenos ↓
- **Atenção: caleação → aumento de massa e de volume**

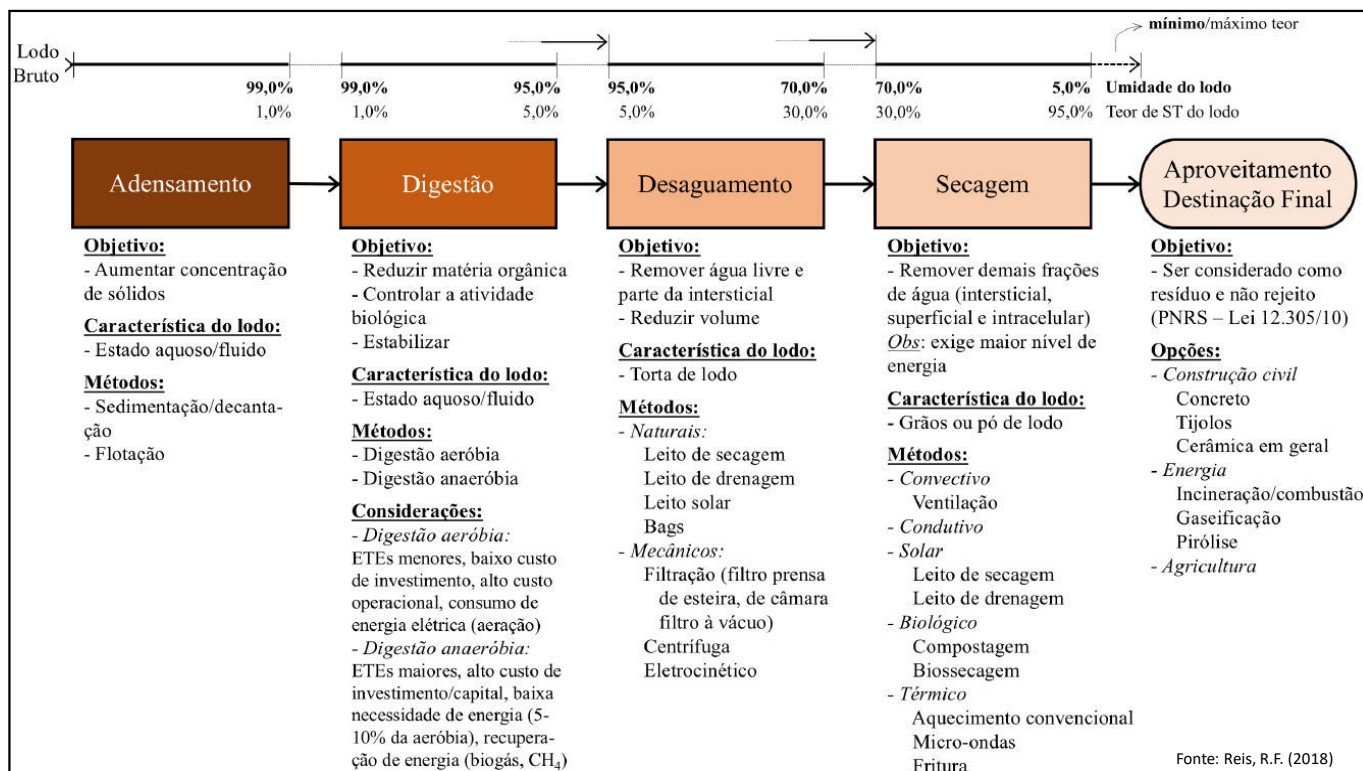


SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW Adensamento

	Adensador gravitacional	Adensador mecânico
Sólidos secos	3 a 5%ST	5 a 6%ST
Produtos químicos	Não usa	2 a 8 g/KgST
Vantagens/Desvantagens	Exige mais do desaguamento Digestores com grandes volumes	Exige menos do desaguamento Diminui volume dos digestores

Adensador gravitacional



Adensador mecânico



fluxo **UFES** SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

- ✓ A estabilização minimiza a emissão de compostos odorantes e reduz o volume de lodo (exceto na caleação).
- ✓ A desintegração reduz o volume de lodo e aumenta a produção de biogás na digestão do lodo.

Estabilização na fase líquida (durante o tratamento do esgoto):

- Lodos ativados com aeração prolongada
- Processos anaeróbios (Ex: UASB + pós-tratamento)



Lodos ativados com aeração prolongada



UASB + pós-tratamento

UCCW Estabilização / Desintegração → Opções tecnológicas

Estabilização na fase sólida:

- Digestão anaeróbica (com aquecimento externo ou sob temperatura ambiente)
- Digestão aeróbica
- Caleação (adição de cal)

Digestão anaeróbica



Digestão aeróbica



Caleação



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES

UCCW Estabilização / Desintegração → Opções tecnológicas

Desintegração (opcional)

- Tratamento ultrassônico de lodo secundário
- Desintegração térmica
- Hidrólise química

Tratamento ultrassônico



<https://sonotronic.de/technologies/ultrasonic/sonication-of-bio-solids>

Desintegração térmica



<https://www.enviropro.co.uk/>

Hidrólise química



<https://nulantic.ca/>



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES

	Aeração prolongada	UASB	Digestor anaeróbico	Digestor aeróbico	Caleação	Ultrassom	Tratamento térmico	Hidrólise química
Eficiência	Médio	Alta	Alta	Média	XXXXXXXXXXXX	Baixa	Média	Média
Produtos químicos	Não	Não	Não	Não	Alto	Não	Não	Médio
Consumo de energia	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Médio	Alto	Baixo
Produção de energia	Não	Sim	Sim	Não	Não	Aumenta biogás (20%)	Aumento do biogás neutraliza consumo	Aumenta biogás (20%)
Impacto na produção de lodo	Similar aos lodos ativados	Baixa produção de lodo	Reduz 30% do lodo	Menos eficiente que DAN	Aumenta muito volume (30%)	Reduz cerca de 10% do volume	Melhora digestão e desaguamento	Melhora digestão e desaguamento
Vantagens e desvantagens	Operação simples / OPEX alto	Exige pós-tratamento e clima quente.	Tecnologia padrão no mundo	Alto OPEX Eficiência limitada	Risco de odor Custo da cal Aumento do volume	Operação simples, eficácia limitada, alto CAPEX	Complexo, Viável para > 4.000 tonST/ano	Segurança, consumo de produtos químicos

Leito de secagem



Centrífuga



Filtro de esteira



Prensa parafuso



Filtro prensa



	Leito de secagem	Centrífuga	Filtro de esteira	Prensa parafuso	Filtro prensa
Teor de ST final (%)	20 a 40	18 a 30	15 a 30	18 a 28	18 a 30
Produtos químicos	Não	8 a 14g pol/KgST	6 a 12g pol/KgST	6 a 12g pol/KgST	6 a 12g pol/KgST
Consumo de energia (kWh/tonST)	Bombeamento do lodo e do liq. drenado	40 a 60	20 a 30	8 a 16	30 a 40
Vantagens e desvantagens	Operação simples, OPEX baixo, grandes áreas	Operação contínua, processo fechado, ruídos, risco de odor	Operação contínua, fácil operação e manutenção	Operação contínua, novo no mercado e manutenção desconhecida	Operação intermitente, consumo energético

Secagem térmica


<http://www.albrecht.com.br/>

Secagem solar


<https://www.huber-technology.com.br/>

	Secagem térmica	Secagem solar
Teor de ST final (%)	85 a 95	60 a 90
Consumo energia (kWh/m ³ evaporado)	700 a 900	20 a 30
Demanda de área	Baixa	Alta
Operação e manutenção	Complexa	Simples
OPEX	Alto	Baixo
CAPEX	Alto	Baixa



- ZURIQUE - Planta de incineração que trata o lodo de esgoto de mais de 70 ETEs.
- Maior instalação de tratamento de lodo de esgoto térmico da Suíça, incinerando todo o lodo produzido na área do cantão de ZuriQue → 100.000 toneladas por ano.

Throughput	100,000 t/y
------------	-------------

Sludge dryer

Inlet DS content	22–30%
------------------	--------

Water evaporation	5,000 kg/h
-------------------	------------

Steam consumption	7,000 kg/h
-------------------	------------

Outlet DS content	35–45%
-------------------	--------

Fluidized bed incinerator

Fluidizing air flow (STP)	16,000 m ³ /h
---------------------------	--------------------------

Oxygen content	7–11 vol.% dry
----------------	----------------

Flue gas flow outlet (STP)	26,500 m ³ /h
----------------------------	--------------------------

Temperature	870–950 °C
-------------	------------

i) Mono-incineração

- Incineradores projetados especificamente apenas para lodo desidratado/seco.
- Capacidade típica: 10.000 a 100.000 toneladas MS / ano.
- Interesse crescente → reciclagem de fósforo das cinzas.

ii) Co-incineração

- Uso de incineradores projetados para outros fins, como:
- Fornos de cimento
- Usinas elétricas a carvão
- Incineradores de resíduos sólidos

Dependendo das instalações existentes, podem ser necessários adequações, principalmente nos filtros de gases de escape.

- ✓ Principal rota de disposição nos países desenvolvidos
- ✓ Excelente condicionador de solo
- ✓ Aumenta capacidade de retenção de água pelo solo
- ✓ Fonte suplementar de macro e micro nutrientes
- ✓ Baixo custo
- ✓ Lodo ⇒ resíduo x **Biossólido ⇒ insumo**

- ✓ Exige solução regional
- ✓ Principais requisitos:
 - Custo efetivo
 - Confiabilidade
 - Flexibilidade
 - Atender leis e regulamentos
 - Preservação da saúde pública

No solo

- Agricultura
- Pastagens
- Reflorestamento
- Recuperação de
- Areas degradadas
- Aterros sanitários

No mar :

- Alternativa em extinção (99 - ONGs)

No ar* :

- Incineração (2.250 ton. / Ano)
- Oxidação úmida
- Co-incineração
- Secagem térmica
- Gaseificação



UCCW Opções para disposição / utilização de lodos de ETEs

Disposição em aterro sanitário:

- ✓ Despejo junto com os resíduos sólidos municipais;
- ✓ Uso como cobertura verde de seções fechadas de aterros;

Uso de lodo na agricultura:

- ✓ Culturas cujos produtos não são consumidos crus (Ex: café, milho, etc);
- ✓ Árvores frutíferas;
- ✓ Compostagem e posterior comercialização de composto;



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW Opções para disposição / utilização de lodos de ETEs

Uso de lodo na silvicultura:

- Produção de madeira para construção, móveis, aquecimento, etc;

Uso de lodo para aplicação no solo:

- Recuperação de áreas de mineração abandonadas;
- Para aterros rodoviários, etc;

Uso de lodo na substituição de matérias-primas:

- Para a produção de tijolos à base de argila ou outros materiais;

Utilização térmica de lodo por incineração.



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW Sustentabilidade ambiental x gerenciamento de lodos



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW Questões que moldam as tendências globais ...

- ✓ Opinião pública:
- ✓ Segurança alimentar: Aumento da rejeição a produtos alimentícios onde o lodo de ETE foi envolvido de uma maneira ou de outra;
- ✓ Impactos ambientais: Efeito dos poluentes no meio ambiente?
- ✓ Segurança do produto: Os tijolos, cimento, etc. produzidos com lodo de esgoto são seguros ou incluem compostos perigosos?



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW Questões que moldam as tendências globais ...

Legislação:

- ✓ Legislações com parâmetros mais rigorosos para disposição ou utilização de lodos;
- ✓ Quantidade crescente de parâmetros: higiene, metais pesados, micropoluentes;
- ✓ Proibição de disposição de matéria orgânica em aterros sanitários;
- ✓ Exigências para reciclagem de fósforo a partir de lodo de esgoto.



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW Questões que moldam as tendências globais ...

Compromisso para reduzir as emissões de gases de efeito estufa:

- ✓ Aumento da conversão e do consumo de biogás para gerar energia elétrica (considerada proveniente de fonte renovável);

Lodo de esgoto como recurso:

- ✓ Como fertilizante (N, P);
- ✓ Como fonte de produção de energia;
- ✓ Como recurso para recuperação de fósforo;



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW

Questões que moldam as tendências globais ...

Desenvolvimentos tecnológicos:

- ✓ Aumento do número de tecnologias no mercado p/ minimizar lodo;
- ✓ Instalações de secagem e incineração p/ instalações cada vez menores;
- ✓ Crescimento de tecnologias para recuperação de fósforo do lodo de esgoto, tanto do lodo úmido quanto das cinzas do lodo;
- ✓ Soluções tecnológicas que flexibilizem a disposição/uso flexível de lodo.



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW

Europa

- ✓ Fecofobia → educação higiênica
- ✓ Águas residuárias industriais e esgoto sanitário são tratados em conjunto → o lodo tem características diferentes
- ✓ O gerenciamento depende das condições locais ou nacionais, cultura, aspectos históricos, geográficos, jurídicos, políticos e econômicos.
 - ETEs são consideradas viáveis → populações de até 500 habitantes.
 - Tratamento de lodo viável → mais de 10.000 habitantes.



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES

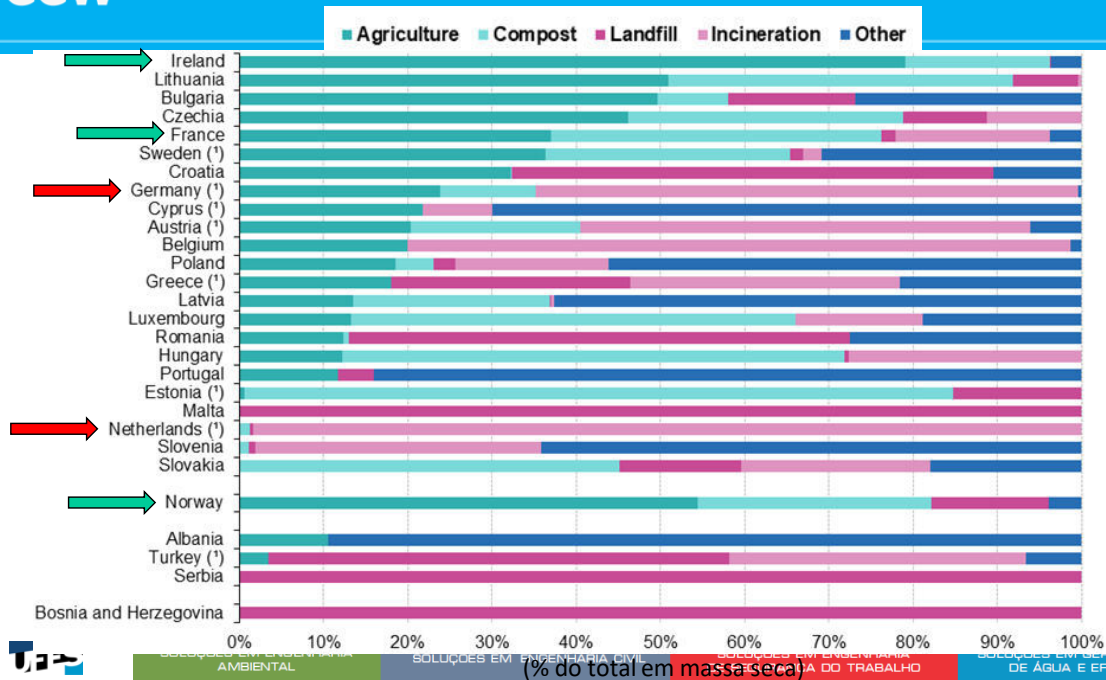
Não há tendência uniforme em todos os países...

- ✓ Aterro sanitário será gradualmente eliminado (legislação) → países com baixa produção de lodo são os que mais aterram lodo.
- ✓ A utilização na agricultura está diminuindo.
- ✓ A utilização térmica está aumentando.

Alemanha:

- ✓ Volume total de lodo diminuiu 17% de 2007 a 2017 → minimização de lodo nas ETEs.
- ✓ Incineração aumentou de 50% para 70% no mesmo período.

Disposição de lodo de ETEs em vários países (2017)



- ✓ Gerenciamento do lodo de pequenas ETEs → precário hoje em dia
- ✓ A universalização aumentará drasticamente a produção de lodo
- ✓ Aterros sanitários já escassos e sobrecarregados não suportarão
- ✓ RESOLUÇÃO CONAMA nº 375/2006
 - Estava entre as normas mais rigorosas do mundo → proibitiva
 - Princípio da precaução → Inibe iniciativas para uso agrícola
- ✓ Necessidade de tecnologia adaptada à nossa realidade
 - Baixos CAPEX e OPEX (em especial os processos térmicos)
 - Soluções inseridas nos grandes ciclos da natureza (NEXUS)
- ✓ Minimizar (ETEs anaeróbias), higienizar, reciclar (N e P)



The screenshot shows the UCCW website interface. At the top, there is a navigation menu with links for ABES, SÓCIOS, CIVQA, EVENTOS, APRENDIZADO, PUBLICAÇÕES, LIVRARIA, NOTÍCIAS, CÂMARAS TEMÁTICAS, JPS, and CONTATO. Below the menu, the main header features the UCCW logo and the text 'ÚLTIMAS NOTÍCIAS > [30/11/2020] ABES Conecta: Desafio de Inovação no Saneamento -'. A search bar is located on the right side of the header.

The main content area displays a news article titled 'Proposta da CT Tratamento de Esgotos da ABES sobre uso agrícola de lodo é aprovada no Conama'. The article includes a breadcrumb trail: 'Início > Notícias > Câmara Temática > Proposta da CT Tratamento de Esgotos da ABES sobre uso agrícola de lodo é aprovada no Conama'. The article is dated 22/07/2020 and authored by Suely Melo. Below the text, there is a photograph of a young green plant growing in dark soil.

On the right side of the page, there is a 'PESQUISAR' section with a search bar. Below it, the 'NOTÍCIAS' section lists several recent news items, including 'Confira as principais notícias da ABES entre 3 de novembro e 4 de dezembro', 'Mensagem aos Leitores da Revista ESA', 'ABES-RJ presente em seminário virtual do VIII ECOBRJ', 'ABES participa de Jornada Acadêmica das Engenharias da Univale', and 'CT Indicadores: 20ª reunião discute revisão do Guia de Referência para Medição de Desempenho 2021'. At the bottom right, there is a 'NOTÍCIAS DO MÊS' section with a list of dates: dezembro 2020, novembro 2020, and outubro 2020.

At the bottom of the page, there is a footer with the 'fluxo' and 'UFES' logos, and the text 'SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL'. A small caption at the bottom of the article reads: 'Aprovação ocorreu durante encontro online realizada nesta quarta (22)'.



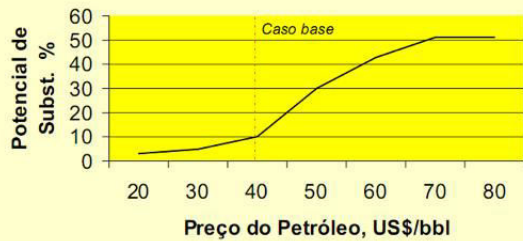
UCCW

Biocombustíveis x Saneamento



Biocombustíveis – Novas Fronteiras

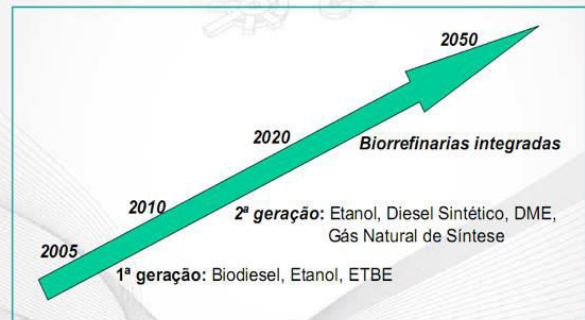
Viabilidade Econômica dos Biocombustíveis



Com base na previsão do mercado de combustíveis para transportes em 2020
Fonte: McKinsey



Biocombustíveis – Novas Fronteiras



Com base: Biofuels in European Union: a Vision for 2030 and Beyond
Biofuels Research Advisory Council - EC



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES



UCCW

Biocombustíveis x Saneamento



Biocombustíveis – Novas Fronteiras

Biocombustíveis de 1ª Geração

Tipo	Matéria-prima	Processo
Bioetanol	Milho, cana-de-açúcar, beterraba	Hidrólise e fermentação
Óleo Vegetal	Oleaginosas	Extração
Biodiesel	Oleaginosas	Extração e transesterificação
Biodiesel	Resíduos e óleo de fritura	Transesterificação
Biogás	Biomassa	Digestão anaeróbia
Bio-ETBE	Bioetanol	Síntese química

Com base: Biofuels in European Union: a Vision for 2030 and Beyond
Biofuels Research Advisory Council - EC

1ª Geração: Baixa complexidade tecnológica
Predominância de matéria-prima cultivada



Biocombustíveis – Novas Fronteiras

Biocombustíveis de 2ª Geração

Tipo	Matéria-prima	Processo
Bioetanol	Material lignocelulósico	Hidrólise e fermentação avançada
Biocombustíveis sintéticos (BTL)	Material lignocelulósico	Gaseificação e síntese
Biodiesel	Óleos vegetais e gordura animal	Hidrogenação (refino)
Biogás	Material lignocelulósico	Gaseificação e síntese
Biohidrogênio	Material lignocelulósico	Gaseificação e síntese ou processo biológico

Com base: Biofuels in European Union: a Vision for 2030 and Beyond
Biofuels Research Advisory Council - EC

2ª Geração: Alta complexidade tecnológica
Predominância de rejeitos como matéria-prima



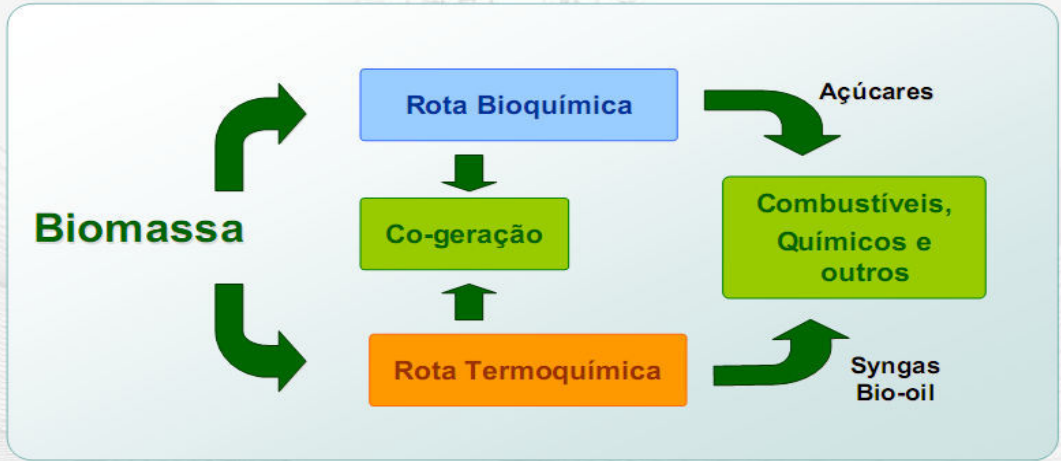
SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

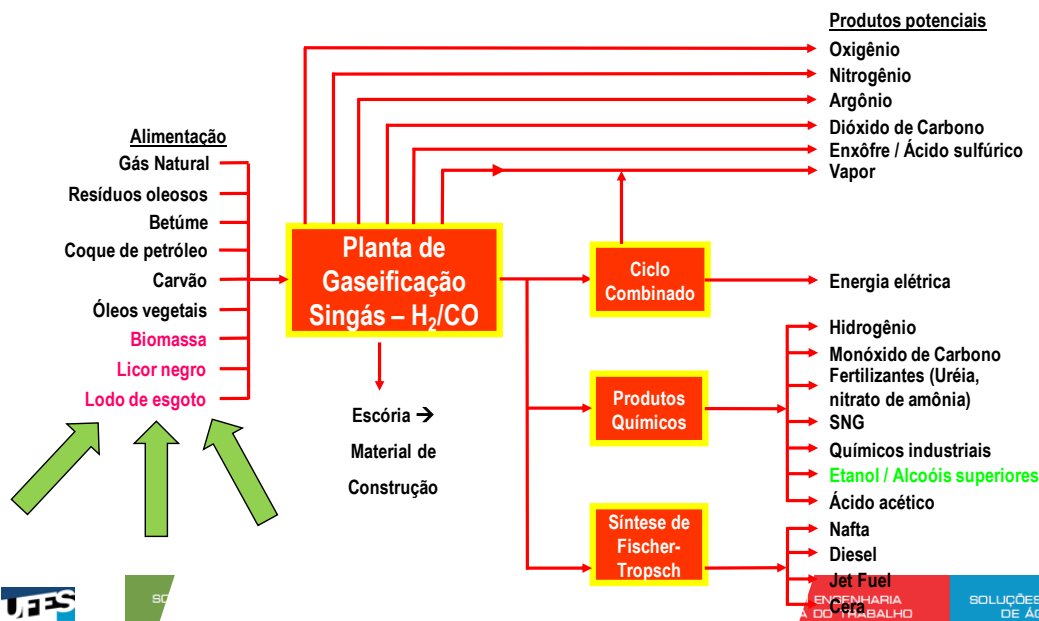
Biorefinaria – Conceitos e Tecnologias



Bio-refinaria é uma planta industrial que integra os processos de conversão de biomassa para produzir combustíveis, produtos químicos de alto valor agregado e energia.

Fonte: NREL, Análise AB-CR/PP/IC

Alimentação e produtos da gaseificação



Ricardo Franci Gonçalves

Eng. Civil e Sanitarista, D.Ing.
Professor Titular – DEA/CT – UFES
Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda EPP

Fone: (27) 99293 9992

E-mail: rfg822@gmail.com



SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA
DE SEGURANÇA DO TRABALHO

SOLUÇÕES EM GERENCIAMENTO
DE ÁGUA E EFLUENTES



Conheça outros cursos:
UCCLEARWATER.COM.BR