

JORNADA DE SUSTENTABILIDADE NA SUINOCULTURA

O Contributo da Digestão Anaeróbia para o Aumento da
Competitividade do Setor Agropecuário

29 de Setembro, 2016

Auditório do ENS-UFSC, Florianópolis

LEAF

LINKING LANDSCAPE, ENVIRONMENT,
AGRICULTURE AND FOOD



Índice Geral

Introdução

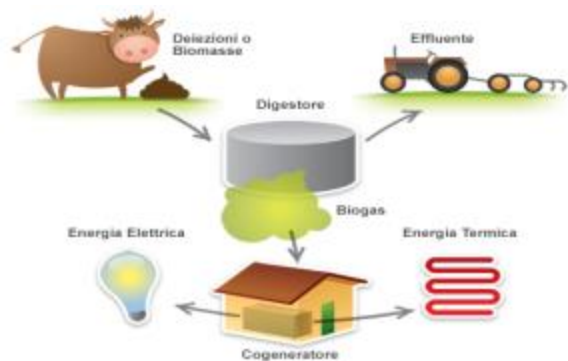
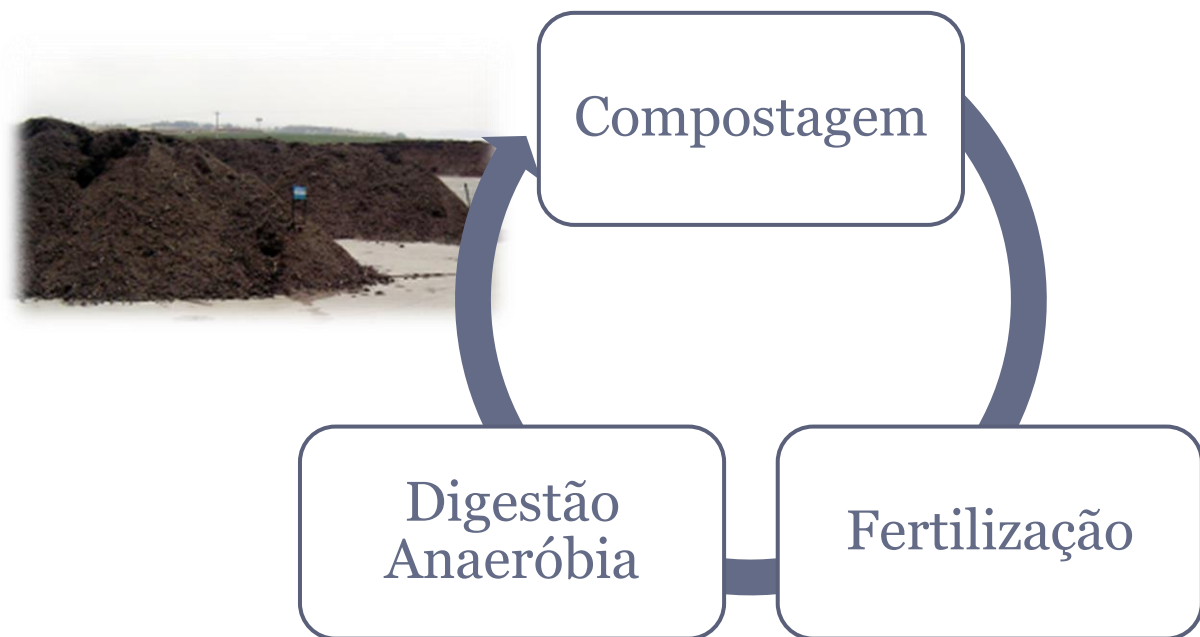
- Nota histórica
- Cadeia de valor da Suinocultura
- Economia Circular
- Iniciativas na UE

Tratamento de efluentes

- Digestão e Co-digestão Anaeróbia
- Painéis Evaporativos
- Bioconversão por Insetos

Nota histórica

- Há 30 anos já se estabeleciam sinergias entre:



Breve síntese das atividades desenvolvidas...

- Produção de Biogás a partir de resíduos orgânicos -
- **Biometanização à escala real**
- Valorização de lamas como fertilizante

Há 30 anos!

2015

Integração de tecnologias de bioconversão – Biogás, Bioetanol e Biodiesel

2010 - 2014

Projeto BATFARM

2004

- Projeto AGRO CODIGANDES (2004-2007);
- **Protocolo ADISA/IA:** “Análise de Metodologias de Determinação de Emissões de Poluentes EPER”

1993-1994

Projecto LIFE – Aproveitamento dos Factores Climáticos no Tratamento de Efluentes Suinícolas – Painéis de Evaporação

1985-1987

1987-1990

Caracterização e Aproveitamento de Resíduos Orgânicos Poluentes – ID/70/87
Implementação de dois Reactores Anaeróbios à escala real.
Projeto -MEDSPA-89-1/B/160/P/D



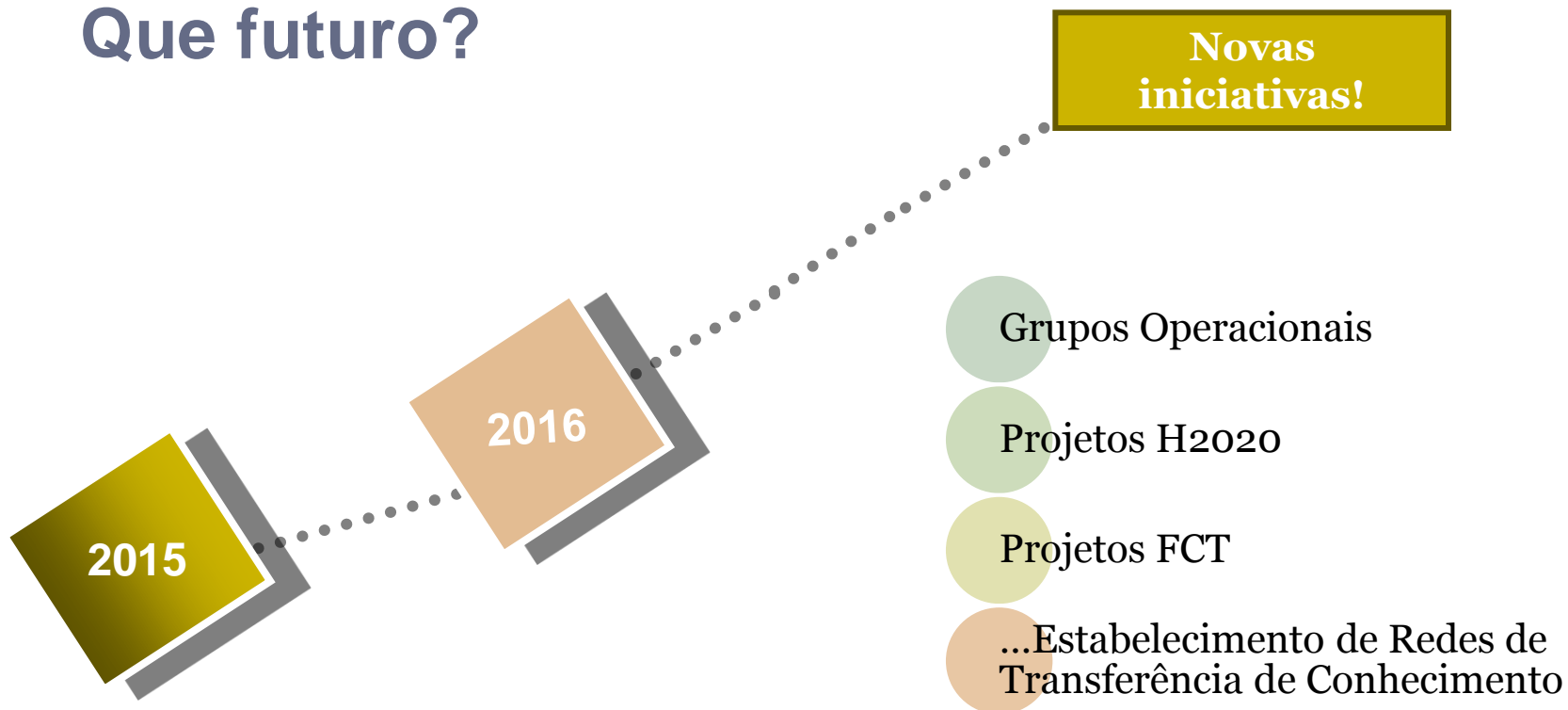
Projecto LIFE – Aproveitamento dos Factores Climáticos no Tratamento de Efluentes Suinícolas – Painéis de Evaporação



Projecto CODIGANDES - Valorização Descentralizada de Chorumes Suinícolas por Co-Digestão Anaeróbia

**Projecto BATFARM
Avaliação das MTD para reduzir as Emissões para o Ar e Água nas Explorações Pecuárias**

Que futuro?



Iniciativas para a Agropecuária na UE

GoEfluent

Efluentes de Pecuária: abordagem estratégica à valorização agronómica/energética dos fluxos gerados na atividade agropecuária

- Abordagem integrada, dos sistemas intensivos de produção animal;
- Visa a redução e valorização dos fluxos gerados na atividade agropecuária;
- Valorização/Implementação nas unidades de produção animal/agrícola e florestal.

ProEnergy

Novos produtos alimentares e bioenergia a partir de frutos de baixo valor comercial e resíduos agroindustriais

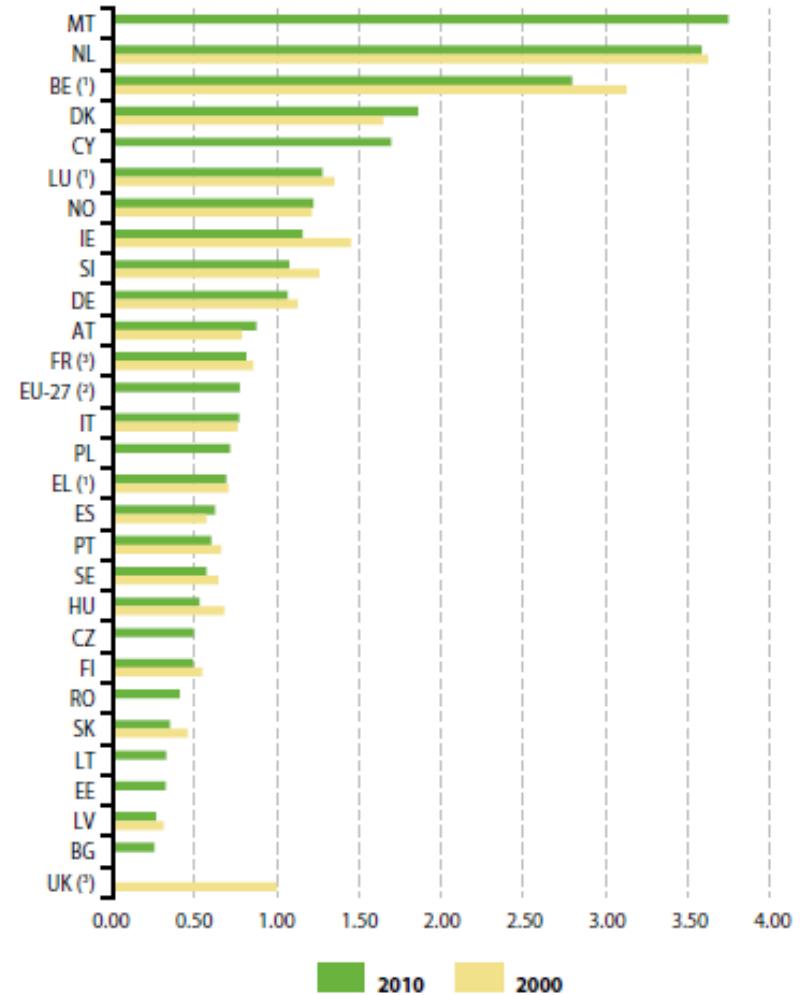
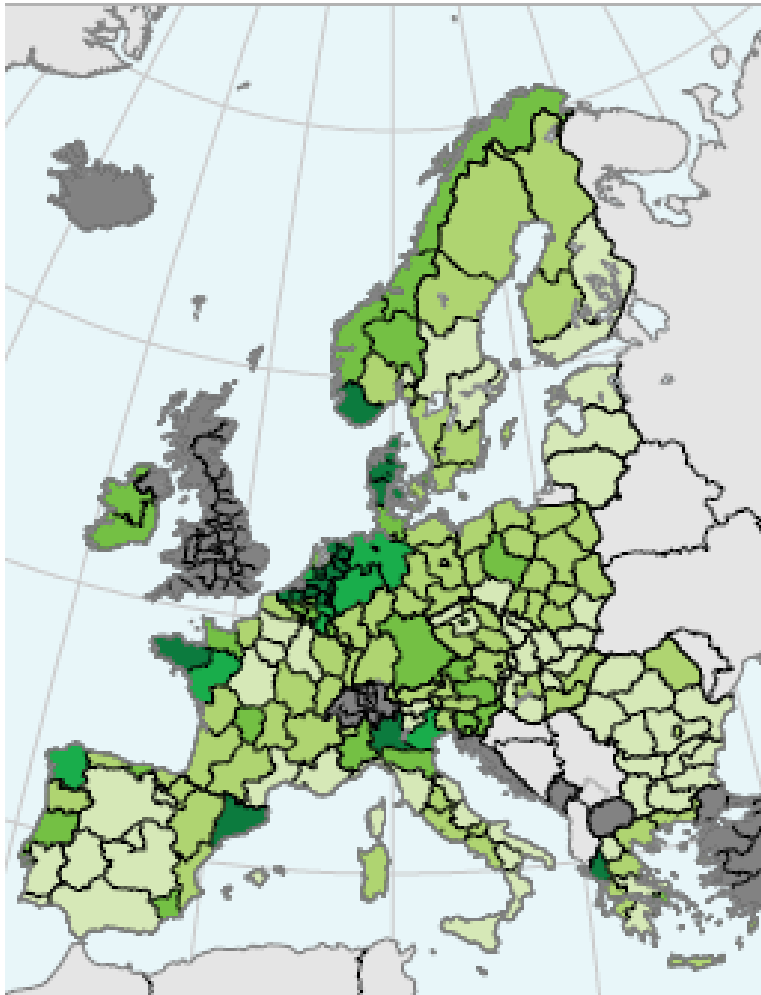
- Promover a mudança de uma visão tradicional da gestão de resíduos orgânicos, para uma abordagem que tenha em consideração o Nexus “resíduos-energia-alimentos”;
- Contributo para a sustentabilidade da agroindústria;
- Integração de uma economia hipocarbónica.

LACTIES

Inovação, Eco-Eficiência e Segurança em PME do Setor dos Lacticínios

- Melhoria da eficiência energética dos processos de fabrico
- Inserção da sustentabilidade das PME no setor Lacticínios
- Produções Eco-Eficientes

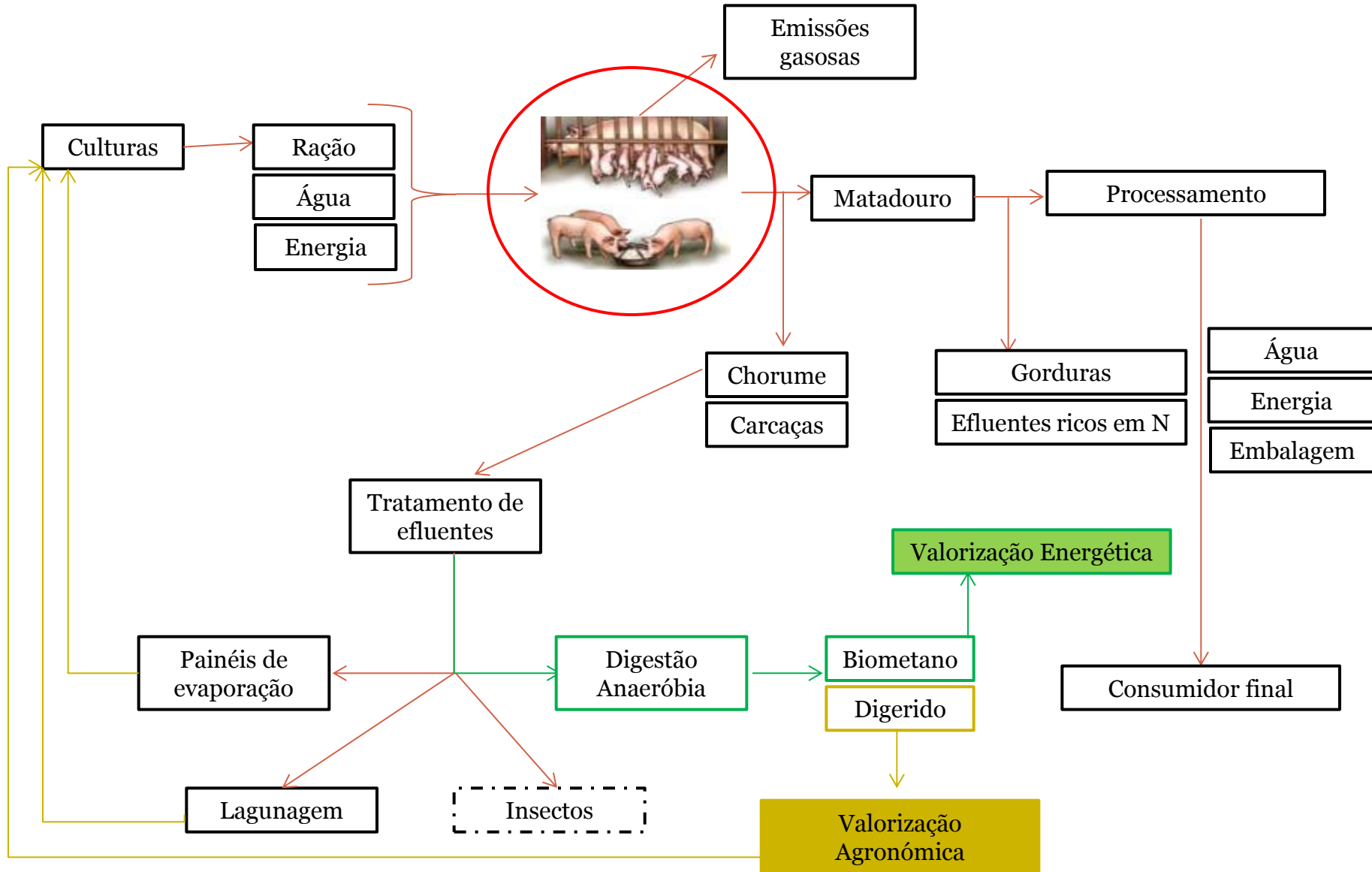
Densidade Pecuária na UE



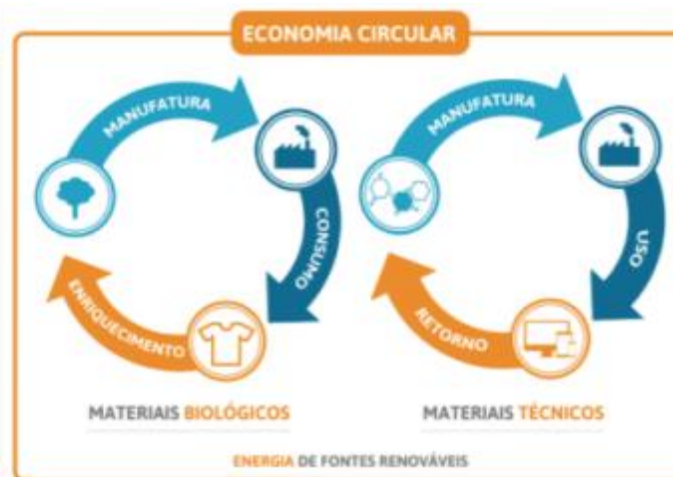
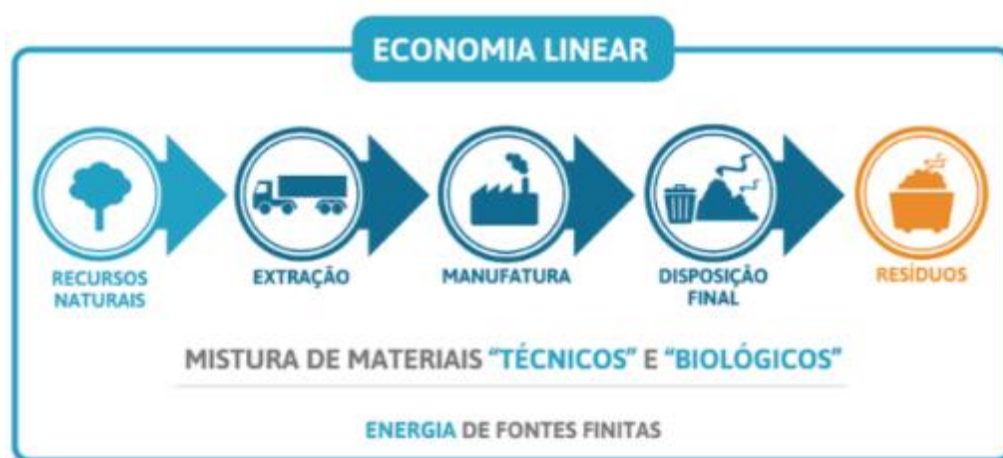
- Holanda e Bélgica > 3 CN/ha SAU
 - 1 CN = 500 Kg

➤ Portugal 0,6 CN/ha SAU

Cadeia de valor da Suinocultura



Economia Linear vs Economia Circular



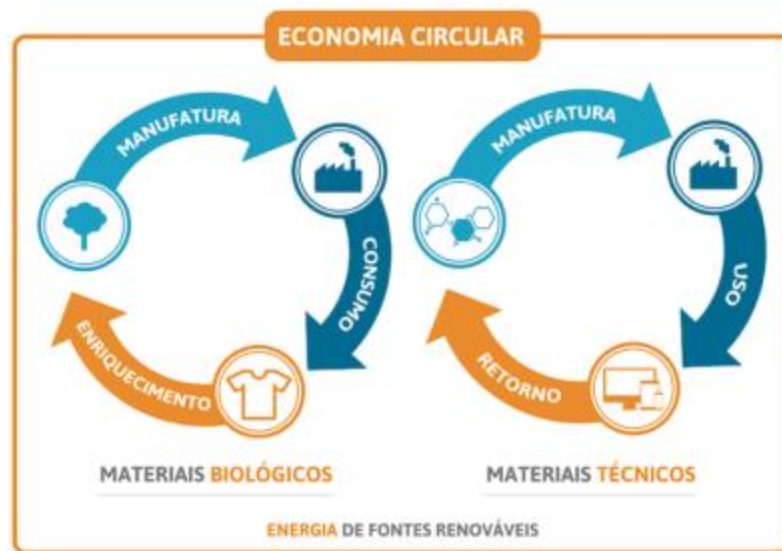
Mudança de Paradigma para Explorações Eco- Eficientes e Sustentáveis!

Qual a importância da economia circular?



Esquema do conceito de economia circular

De que forma podem as explorações integrar este conceito?



Onde intervir?



Alteração do atual Paradigma, encarando as Explorações Pecuárias como cadeias de valor que geram bioresíduos com valor agronómico e energético, estabelecendo sinergias com a atividade agrícola.

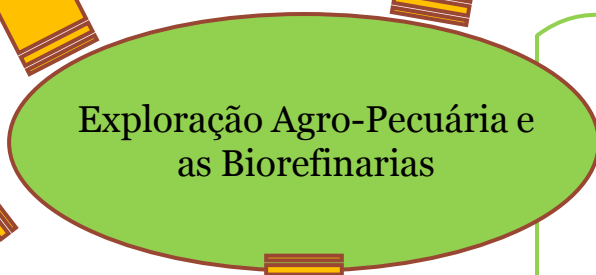
Exploração Agro-Pecuária Eco-Eficiente

- Redução de GEE
- Redução de odores;
- Exportação e reciclagem de nutrientes;
- Redução de fito-fármacos

Soluções Ambientais

Aumento da competitividade

- Energia renovável;
- Estrumes e chorumes
- Emissões controladas
- Taxas de produção de resíduos cumpridas



Energias Renováveis
Biogás
Biometano
Digeridos
Energia Térmica
Energia Elétrica

Independência energética

Desenvolvimento rural

- Gestão Integrada de bioresíduos de explorações agro-pecuárias implementadas de acordo com a especificidade regional



Pecuária em Portugal

Atualmente

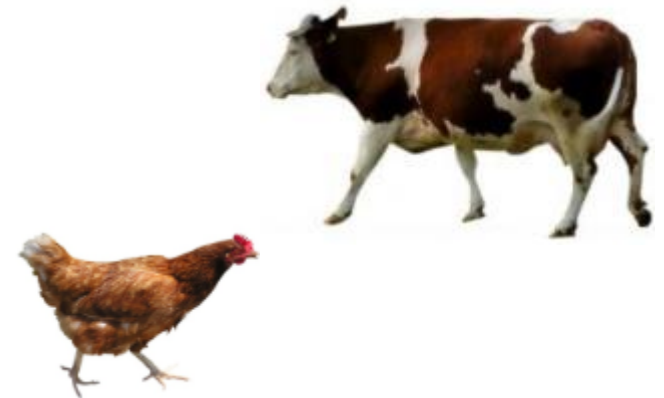
- **Pecuária maioritariamente intensiva**
- **Elevado nível de industrialização**
- **Sem integração entre a produção e indústria**

Futuro?

- **Segmentação do setor suinícola**
- **Regimes de produção extensivos**
- **Necessidade de visão integradora**

Desafios

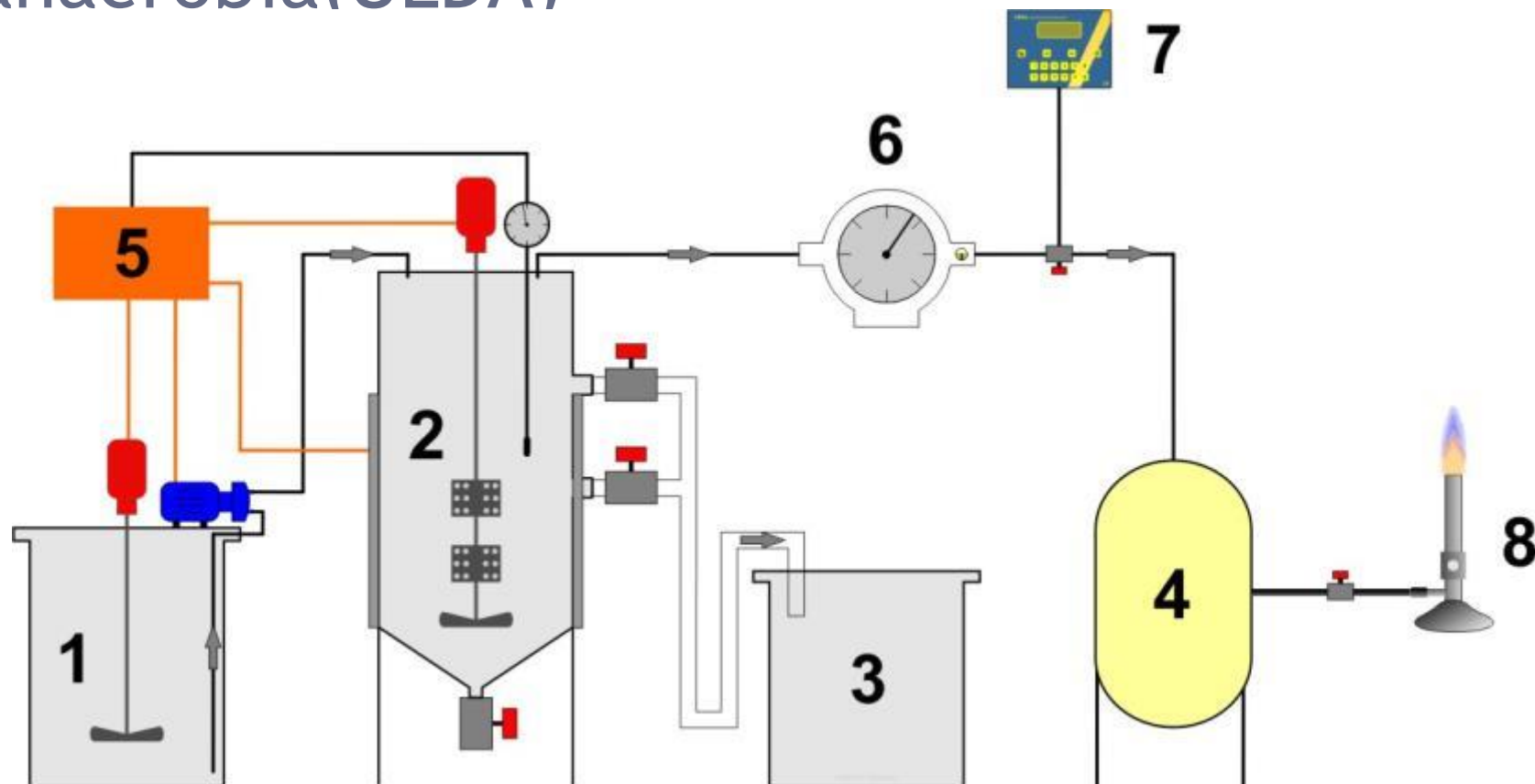
- Cumprir as regulamentações
- Minimizar impactes ambientais
- Não comprometer a competitividade dos mercados





Digestão Anaeróbia no ISA

Esquema das unidades de digestão anaeróbia(ULDA)

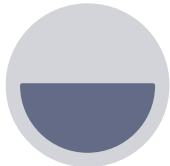


1- Tanque da mistura de alimentação; 2 – Digestor Anaeróbio de mistura completa; 3 – Tanque de recolha do diferido; 4 – Recolha do biogás; 5- Bomba de alimentação; 6 – Contador de biogás; 7 – Analisador da qualidade do biogás; 8 – Queimador de biogás

Estruturas de Apoio à Tecnologia



Unidade laboratorial de digestão anaeróbia (ULDA) I

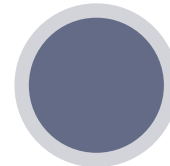


12L

Mistura completa
Automatizados



Unidade laboratorial de digestão anaeróbia (ULDA) II



4L

Regime de Mesofílico (35
a 37°C)
Com mantas térmicas

Unidade Piloto-Móvel

**Processo de co-digestão
descentralizada usando
uma unidade piloto móvel
implementada numa
exploração suinícola**



Conteúdo Bioenergético de substratos e co-substratos

- Adaptação de modelo aplicado para lamas de ETAR de acordo com:
Pinto, N.; Carvalho, A.; Pacheco, J.; Duarte, E. (2016) Study of different ratios of primary and waste activated sludges to enhance the methane yield. Water and Environment Journal. doi:10.1111/wej.12188
 - E1 = Cálculo da energia adaptando o modelo desenvolvido por Cano et al., 2016. com os valores das concentrações de sólidos totais (ST) e na eficiência de remoção da carência química de oxigênio (CQO) obtida nos diferentes ensaios experimentais desenvolvidos;
 - E2= Cálculo da energia através do metano produzido em cada ensaio experimental e o poder calorífico inferior (PCI) de 11,00 kWh m⁻³

Tendo uma previsão do conteúdo energético dos co substratos, estimada a partir da sua composição física química, é possível otimizar as combinações entre substratos e co- substratos!

Características Médias de alguns Substratos e Co-Substratos

	CQO _{Bruto} (g/L)	CQO _{Solúve} ₁ (g/L)	r _{CQO} (%)	pH	CE (mS/cm)	ST g/L	SVT (g/L)	R (%) svt/st	Nk (g/L)	N - NH ₄ ⁺ (g/L)	PT (g/L)	C/ N	Referências
Chorume de porco (ciclo fechado)	16,40	8,71	53	7,77	12,72	14,72	10,10	69	1,78	1,04	0,34	3	Ferreira et al. 2012
Lamas mistas de ETAR	34,85	1,48	4	5,79	12,78	26,77	19,54	73	1,46	0,33	0,32	9	Pinto et al. 2016
Chorume de Vaca	40,70	15,06	37	7,10	11,30	33,70	24,00	71	1,20	0,80		12	Dias et al. 2014
Resíduos de escarola*	20,64	8,22	40	5,49	3,85	10,19	9,03	89	0,32	0,29	0,28	16	Em desenvolvimento
Resíduos de café*	58,50	37,55	64	12,11	15,61	48,35	29,79	62	0,66	n.a.	0,34	26	Em desenvolvimento
Culturas bioenergéticas*	20,01	19,20	96	10,4 1	8,65	17,75	16,26	92	0,23	0,21	0,25	41	Carvalho et al. 2016
Resíduos de cenoura*	14,74	-	-	4,56	3,62	19,97	15,78	79	0,17	0,06	0,15	54	Em desenvolvimento
Resíduos de laranja*	63,53	35,15	55	4,15	1,11	48,87	44,98	92	0,38	0,03	0,06	69	Carvalho et al.(submitted)
Resíduos de pêra	104,72	98,44	94	3,56	3,01	50,40	45,30	90	0,16	0,02	0,07	164	Dias et al. 2014
Resíduos de frutas	186,96	166,05	90	3,49	2,81	157,58	154,17	98	0,46	0,11	0,06	194	Ferreira et al. 2012
Óleo de sardinha	1159,00	-	-	n.a.	n.a.	876,0 0	831,00	95	0,63	n.a.	n.a.	765	Ferreira et al. 2012

*Pré-tratamentos: tratamentos mecânicos, hidrólises térmicas ou hidrólises térmico-químicas

Potencial Bioenergético de Substratos e Co-Substratos

Como interpretar?

- Ter um dos substratos como base (matriz-base)
- Tentar conjugar os diferentes parâmetros para perceber que fragilidades quero colmatar e que co-substratos devo selecionar para aumentar a produção específica de metano
- Ex: Se for utilizar o chorume de porco (CP)

Pontos fortes

- pH neutro
- Capacidade tampão

Pontos fracos

- Baixa [SVT]
- Baixa C/N
- Baixo conteúdo energético (E)

Como escolher o co-substrato?

- $> [SVT]$
- $> C/N$
- $> E$

Conteúdo Bioenergético

- Digestão Anaeróbia de Chorume de Porco
 - **(Gama Baixa de Teor de ST)**

- $CQO = 16,4 \text{ kg/m}^3$

- $ST = 14,7 \text{ kg/m}^3$

- $SVT = 10,1 \text{ kg/m}^3$

$$SVT/ST = 69\%$$

$$CQO/SVT = 1,62$$

$$\eta = CQO_{rem}/CQO = 59\%$$

$$CQO_{rem} = 9,7 \text{ kg/m}^3$$

Produção diária de metano = $1,53 \text{ Nm}^3/\text{dia}$

$$E1 = 33,98 \text{ kWh/m}^3$$

$$E2 = 16,83 \text{ kWh/m}^3$$

Conteúdo Bioenergético

- Digestão Anaeróbia de Chorume de Porco
 - (Gama Média/Alta de Teor de ST)

- CQO = 26,2 kg/m³
- ST = 25,8 kg/m³
- SVT = 18,8 kg/m³

$$\text{SVT/ST} = 73\%$$
$$\text{CQO/SVT} = 1,39$$

$$\eta = \text{CQO}_{\text{rem}} / \text{CQO} = 61\%$$
$$\text{CQO}_{\text{rem}} = 15,9 \text{ kg/m}^3$$

Produção diária de metano = 1,95 Nm³/dia

$$E_1 = 56,11 \text{ kWh/m}^3$$
$$E_2 = 21,45 \text{ kWh/m}^3$$

Conteúdo Bioenergético

- Co-Digestão Anaeróbia de Chorume de Porco (CP) com Licor de Escarola:

- Escarola (70:30, v/v)

- CQO = 13,92 kg/m³

$$\eta_{\text{CQO}} = 78\%$$

- ST = 12,17 kg/m³

$$\text{CQOrem} = 10,97 \text{ kg/m}^3$$

- SVT = 8,82 kg/m³

- Produção diária de metano = 2,73 m³/dia

$$E_2 = 38,30 \text{ kWh/m}^3$$

$$E_3 = 30,03 \text{ kWh/m}^3$$

Conteúdo Bioenergético

- Co-Digestão Anaeróbia de Chorume de Porco (CP) com Borrás de Café (LB)

- (70:30, v/v)

- $CQO = 47,78 \text{ kg/m}^3$

$$\eta_{CQO} = 59\%$$

- $ST = 36,00 \text{ kg/m}^3$

$$CQO_{rem} = 28,06 \text{ kg/m}^3$$

- $SVT = 32,49 \text{ kg/m}^3$

- Produção diária de metano = $5,07 \text{ m}^3/\text{dia}$

$$E_2 = 111,45 \text{ kWh/m}^3$$

$$E_3 = 55,77 \text{ kWh/m}^3$$

Ensaio de Digestão Anaeróbica (AD)

Como melhorar?



Lamas
Mistas de
ETAR

C/N = 6

Biogás = 2,23 m³ dia⁻¹
Produção diária de Metano = 1,35 m³ dia⁻¹

E₂ = 14,85 kWh m⁻³



Chorume
de Bovinos
de leite

Chorume
de Porco

C/N = 5

Biogás = 2,74 m³ dia⁻¹

Produção diária de Metano = 1,64 m³ dia⁻¹

E₂ = 18,04 kWh m⁻³

Chorume
de Bovinos
de leite



C/N = 12

Biogás = 2,41 m³ dia⁻¹

Produção diária de Metano = 1,54 m³ dia⁻¹

E = 16,94 kWh m⁻³

Utilização de co-substratos

Culturas Bioenergéticas

cynara cardunculus



pennisetum purpureum



Duckweed



Restos de sopa de cantina



Óleo de sardinha

Unidade de Produção de Biogás



Frutas não-conformes



Resíduos de frutas e vegetais

Biogás

Ensaio de Co-Digestão

Lamas Mistas
de ETAR

C/N ↑

Biogás = 3,88 m³ dia⁻¹
Metano = 2,33 m³ dia⁻¹
E = 25,63 kWh m⁻³



Sopa de Cantina

> 74%

C/N ↑

Biogás = 3,72 m³ dia⁻¹
Metano = 2,52 m³ dia⁻¹
E = 27,72 kWh m⁻³



Licor de Capim Elefante

> 67%

C/N ↑

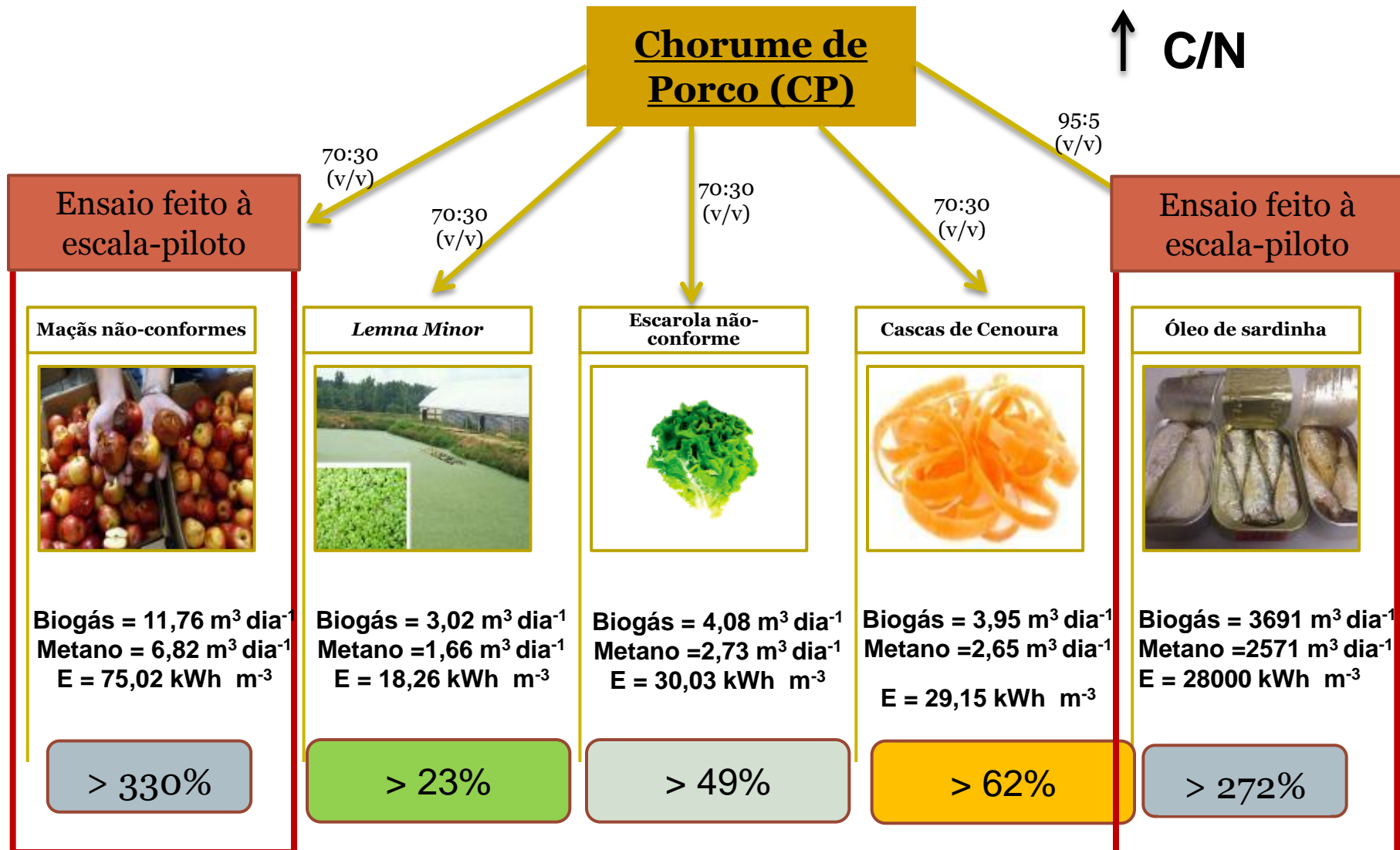
Biogás = 6,24 m³ dia⁻¹
Metano = 3,96 m³ dia⁻¹
E = 43,56 kWh m⁻³



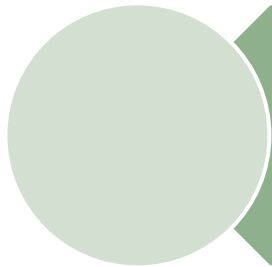
Licor de Cascas de Laranja

> 180%

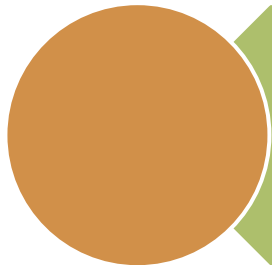
Ensaio de Co-Digestão



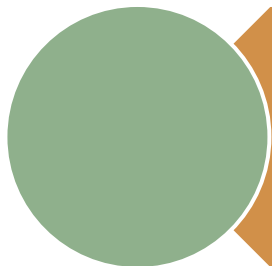
A decorrer



Valorização energética de insolúveis de cereais e café através da co-digestão anaeróbia com chorume de porco



Aumento do nível de autossuficiência de uma ETAR com a implementação de co-digestão anaeróbia e de um sistema solar fotovoltaico em regime de autoconsumo

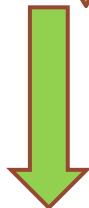


Ensaio de co-digestão utilizando três bioresíduos: lamas mistas de ETAR, extratado de borra de café e extratado de cascas de cenoura

Ensaio de co-digestão utilizando lamas de ETAR como substrato base e licor de cascas de cenoura e licor de borras de café como co-substratos



Lama de ETAR



Co-digestão anaeróbia



Licor de cenoura



Licor de borras de café

Integração de um sistema de tratamento por Co-Digestão Anaeróbia numa Suinicultura



Chorume recolhido em fossas

Valorização Agronómica



Tanque de recolha e separação sólido-líquido

Fração Sólida



Recolha de *lemna minor* rica em nutrientes

Fração Líquida



Mistura com *lemna minor*



Co-Digestão Anaeróbia

Biogás Biometano

Digerido



Lagoas de estabilização



Crescimento de *lemna minor*

Efluente depurado para descarga em meio recetor natural

Aproveitamento dos factores climáticos no tratamento de efluentes suinícolas - Painéis de evaporação

Tratamento de Efluentes – Fenómeno Evaporativo

Fenómeno evaporativo → tratamento de efluentes gerados nas adegas, queijarias, lagares de azeite, pecuárias e lixiviados de aterros, especialmente para as unidades produtivas designadas “sem terra”, onde as condições climáticas, tais como a temperatura do ar, humidade relativa e velocidade do vento, possam otimizar a evaporação natural.

Princípios de funcionamento dos painéis de evaporação natural:

- Criar o máximo de superfície de exposição ao ar ocupando a menor área de terreno possível
- Esta área de exposição ao ar é conseguida através de uma estrutura alveolar dupla, construída com um material cuja superfície específica é de $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de material
- No meio do painel, a cerca de $2/3$ da sua altura, a partir da base, um tubo de aço galvanizado atravessa o painel. Este tubo transporta a fracção líquida do efluente que vai ser aspergida através de 2 aspersores, colocados perpendicularmente ao painel, de modo a molhá-lo completamente

Painéis evaporativos

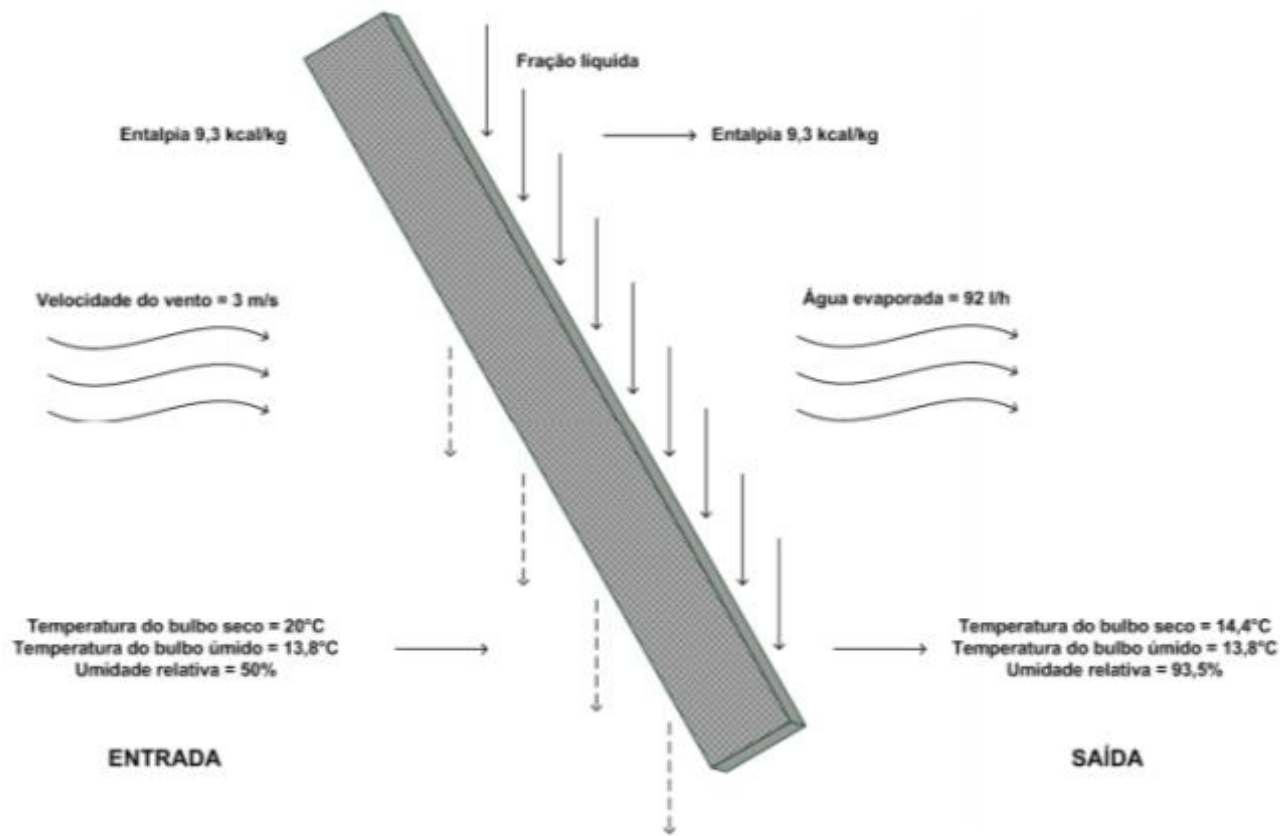


Figura 1 Variação dos parâmetros físicos no fenômeno de evaporação com painéis evaporativos (Fonte: Duarte e Neto, 1994)

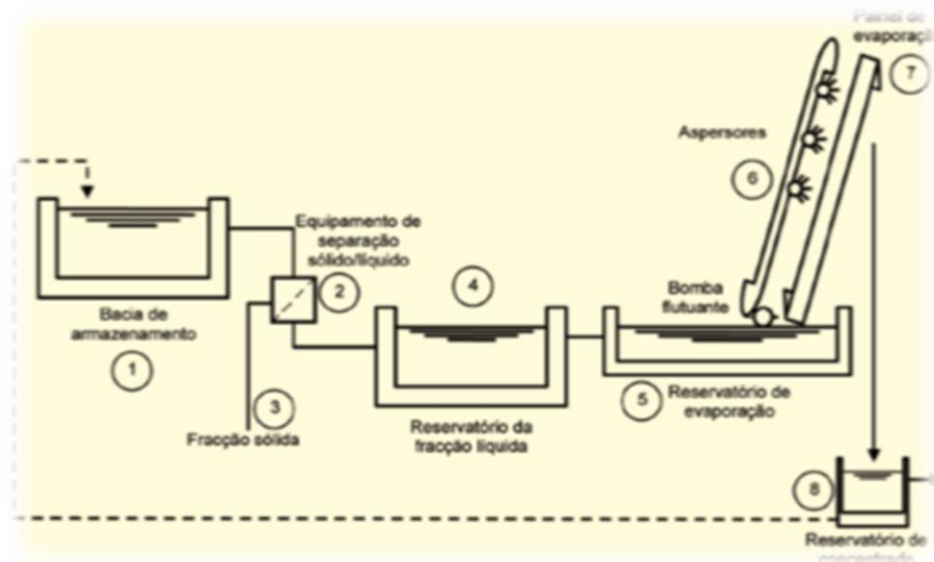
Solução para explorações com pouca área útil

Reduzidas emissões gasosas

Função das condições meteorológicas

Para o dimensionamento de uma instalação onde se pretende implementar a tecnologia de evaporação natural quatro fatores são essenciais:

- O tipo de efluente a tratar;
- A redução de volume que se pretende alcançar;
- O volume de efluente a evaporar;
- Dados meteorológicos do local.



Lay out do sistema de tratamento por evaporação natural

Os desempenhos do fenómeno evaporativo de um núcleo de painéis podem variar significativamente em cada unidade produtiva, resultante dos procedimentos utilizados e das práticas de lavagem implementadas.



Diagnóstico:

- às características quantitativas e qualitativas do efluente a tratar;
- dados meteorológicos do local onde se pretende instalar os módulos de evaporação (diários, mensais, anuais).



Novas Abordagens

A utilização de larvas de Mosca Soldado Negro (BSF) na bioconversão de resíduos não é comum em Portugal mas encontra-se em expansão na Europa. Será uma solução de futuro ao melhorar a eficiência e Sustentabilidade do setor agro-pecuário. Estas larvas convertem resíduos agro-pecuários num curto espaço de tempo, com redução das emissões de gases e da humidade, tornando-os mais adequados à utilização direta nos solos como fertilizantes ou corretivos. Num modelo de economia circular, no sistema de fluxos gerados, os efluentes/estrumes serão reintroduzidos no ciclo do carbono como um recurso valorizado.

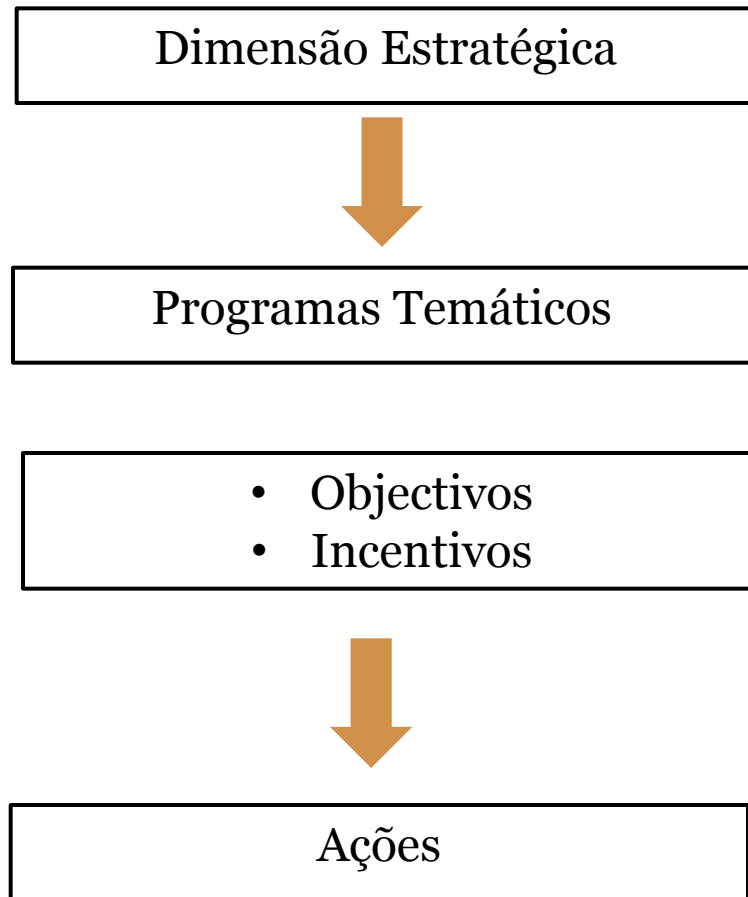


Mosca Soldado Negro

As larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) podem ser encontradas em locais onde há matéria orgânica em decomposição. São ótimos agentes decompositores que contribuem significativamente para a reciclagem de compostos orgânicos na natureza. São insetos que não transmitem doenças, não picam e não possuem ferrão, e em fase adulta não têm boca e consequentemente não se alimentam.

Estas larvas são uma fonte nutricional valiosa, rica em proteína e gordura, tendo cerca de 42% e 52% de proteína bruta na matéria seca, bem como um elevado teor em aminoácidos.

Estratégias futuras



Futuro em Portugal

Alterações no sector?

Novos financiamentos?

Preocupações ambientais?

Hoje....



Dinamização de um fórum de reflexão....