

# 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

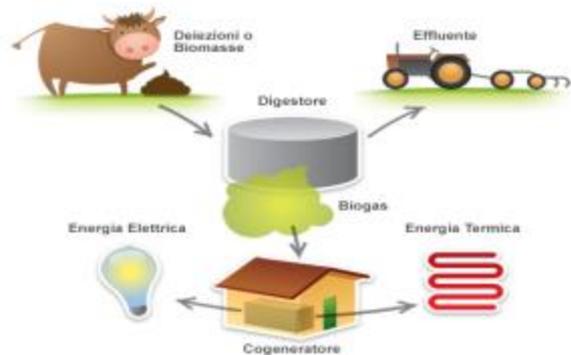
- Nota histórica
- Cadeia de valor da Suinocultura
- Economia Circular
- Iniciativas na UE

## 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



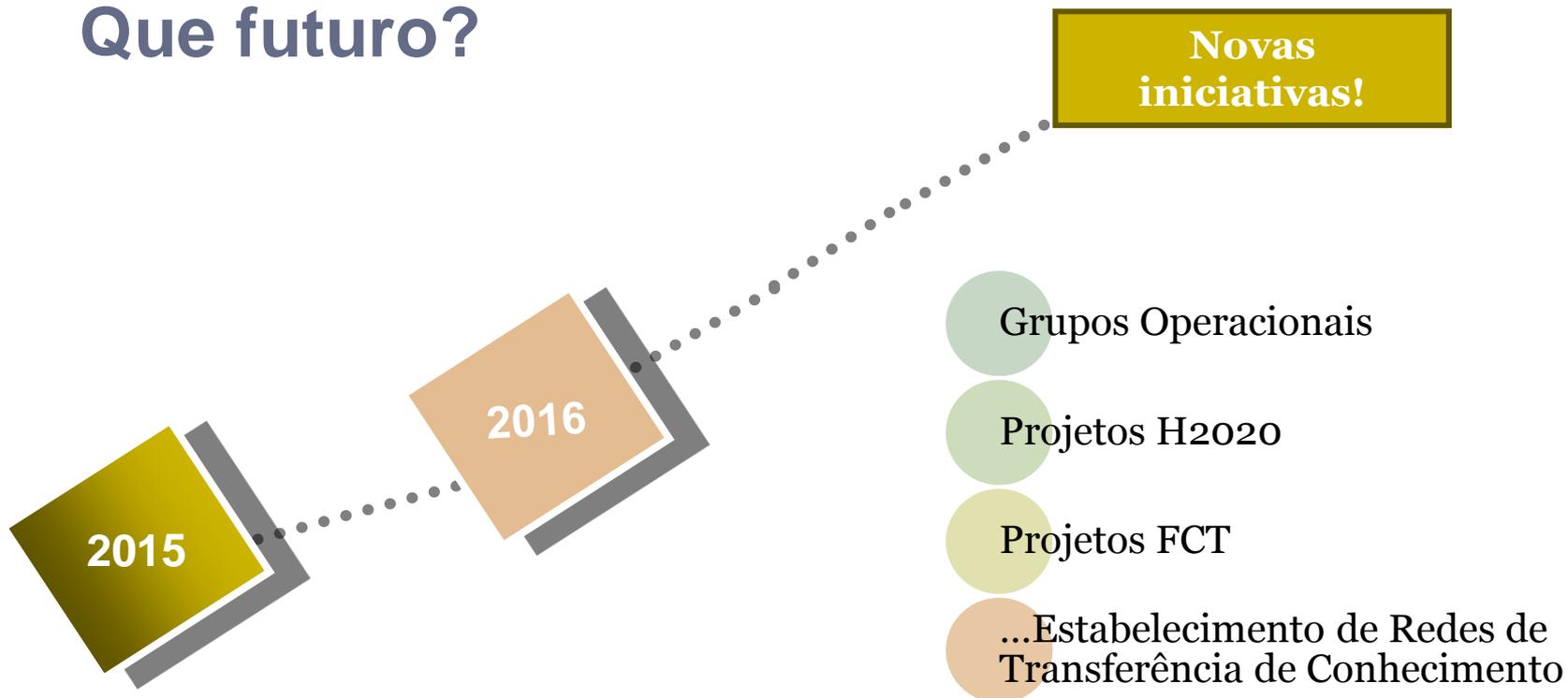
**Projecto LIFE – Aproveitamento dos Factores Climáticos no Tratamento de Efluentes Suinícolas – Painéis de Evaporação**



**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

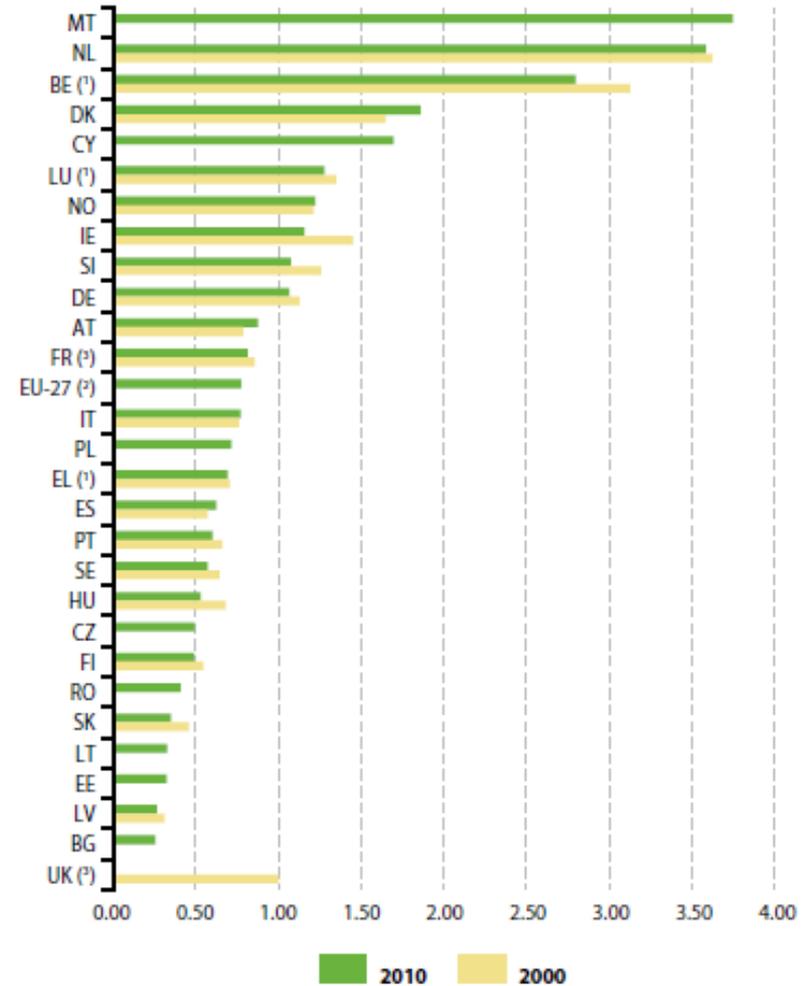
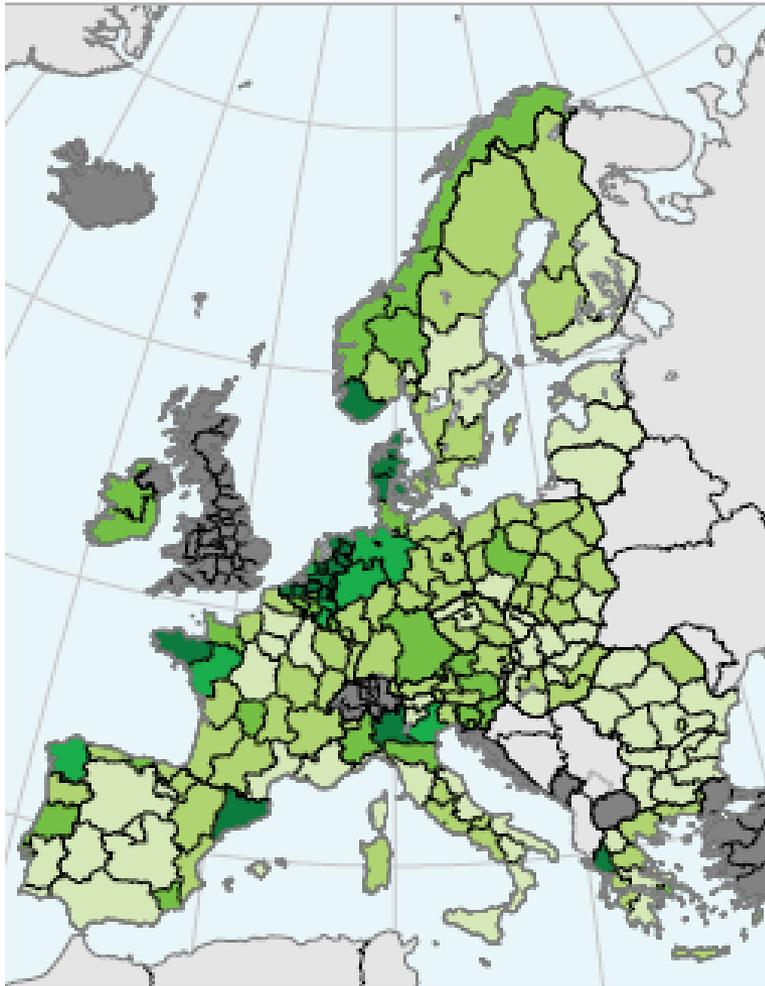
- Promover a mudança de uma visão tradicional da gestão de resíduos orgânicos, para uma abordagem que tenha em consideração o Nexus “resíduos-energia-alimentos”;
- Contributo para a sustentabilidade da agroindústria;
- Integração de uma economia hipocarbónica.

## 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

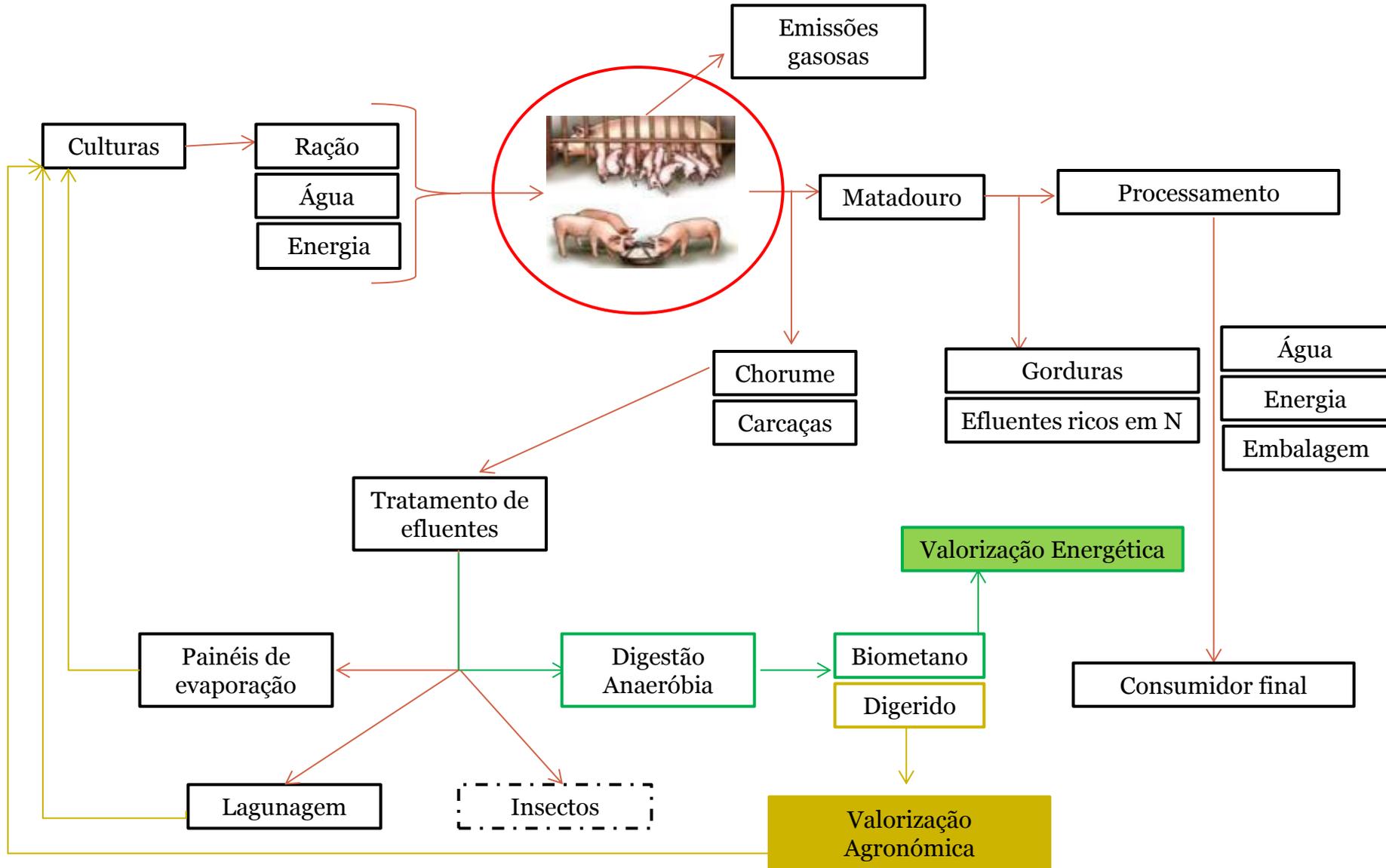
# Densidade Pecuária na UE



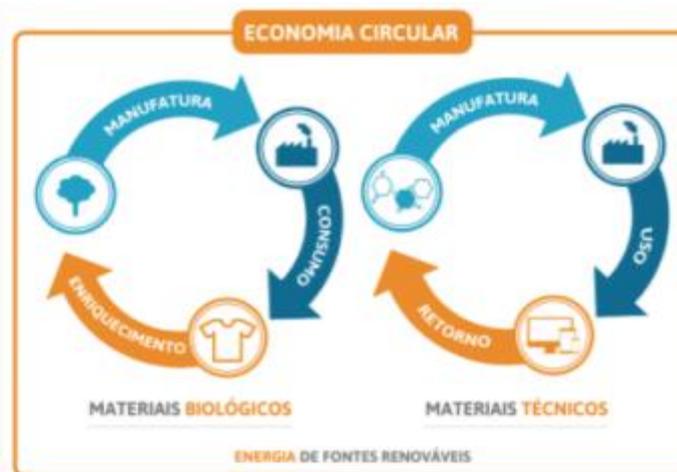
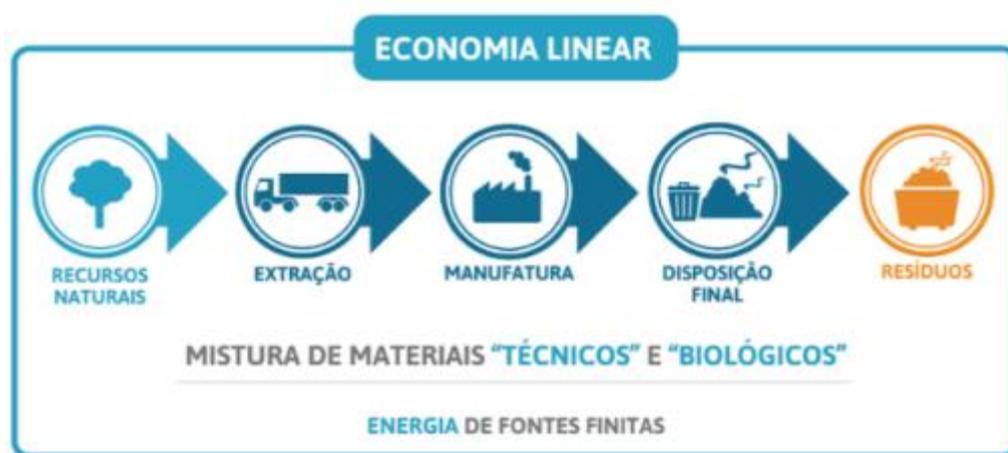
- Holanda e Bélgica > 3 CN/ha SAU
  - 1 CN = 500 Kg

► Portugal 0,6 CN/ha SAU

# Cadeia de valor da Suinocultura

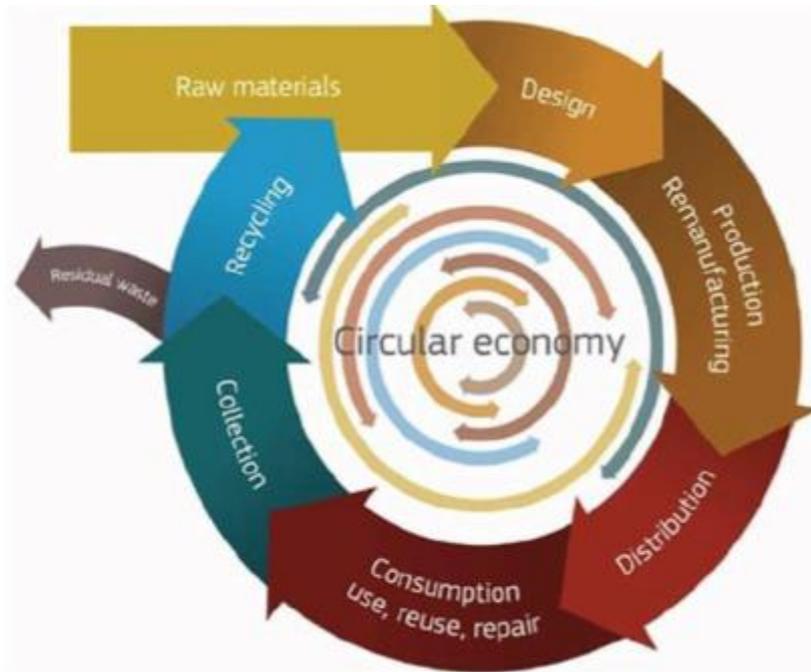


# Economia Linear vs Economia Circular



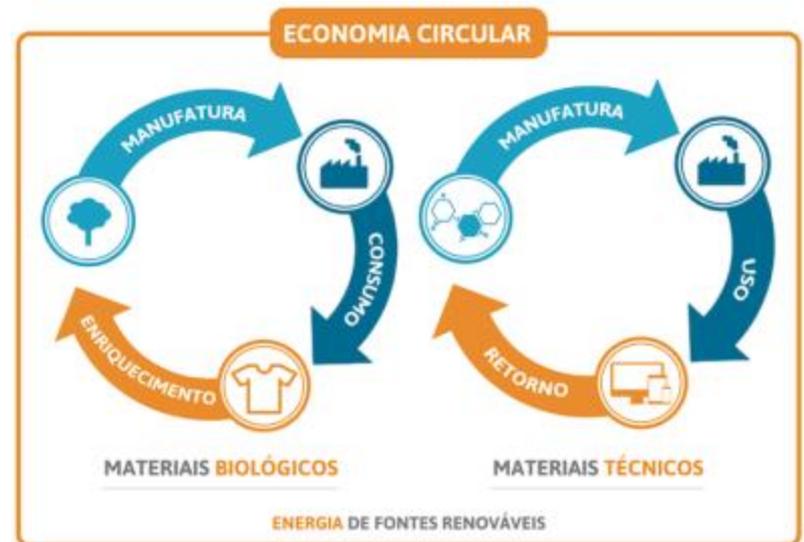
**Mudança de Paradigma para Explorações Eco- Eficientes e Sustentáveis!**

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

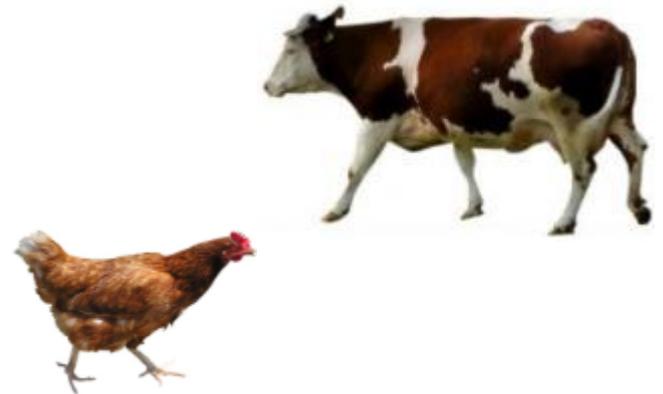
- **Pecuária maioritariamente intensiva**
- **Elevado nível de industrialização**
- **Sem integração entre a produção e indústria**

## Futuro?

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

## Desafios

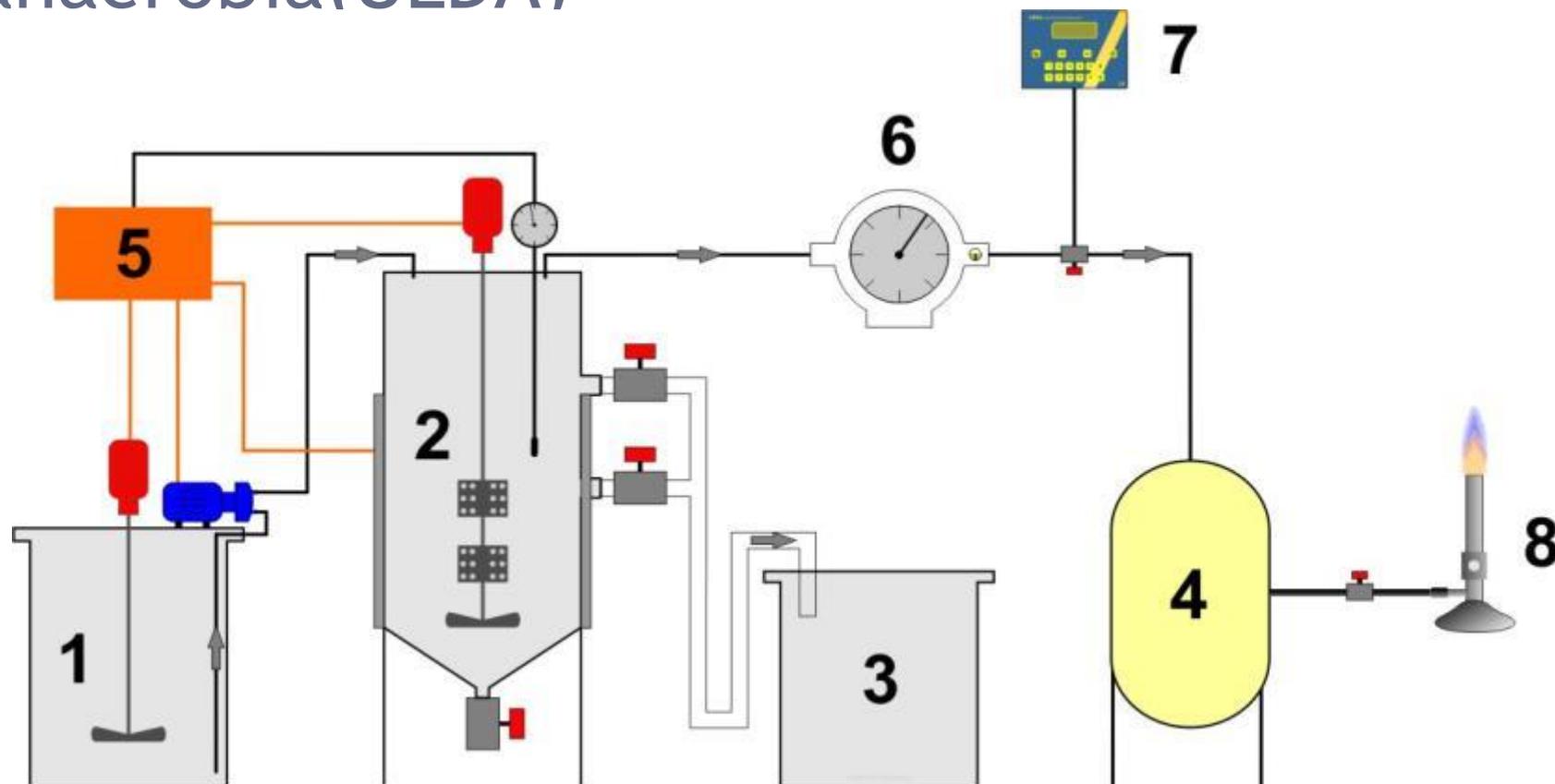
- Cumprir as regulamentações
- Minimizar impactes ambientais
- Não comprometer a competitividade dos mercados





# Digestão Anaeróbia no ISA

# Esquema das unidades de digestão anaeróbia(ULDA)

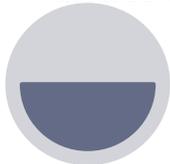


1- Tanque da mistura de alimentação; 2 – Digestor Anaeróbio de mistura completa; 3 – Tanque de recolha do diferido; 4 – Recolha do biogás; 5- Bomba de alimentação; 6 – Contador de biogás; 7 – Analisador da qualidade do biogás; 8 – Queimador de biogás

# Estruturas de Apoio à Tecnologia



Unidade laboratorial de digestão anaeróbia (ULDA) I

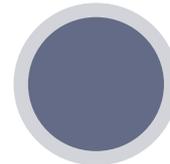


12L

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 oxigénio (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<sup>-3</sup>

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 <sub>Bruto</sub> (g/L)	CQO <sub>Solúve</sub> <sub>1</sub> (g/L)	r <sub>CQO</sub> (%)	pH	CE (mS/cm)	ST g/L	SVT (g/L)	R (%) svt/st	Nk (g/L)	N - NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (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
<b>Resíduos de escarola*</b>	20,64	8,22	40	5,49	3,85	10,19	9,03	89	0,32	0,29	0,28	16	Em desenvolvimento
<b>Resíduos de café*</b>	58,50	37,55	64	12,11	15,61	48,35	29,79	62	0,66	n.a.	0,34	26	Em desenvolvimento
<b>Culturas bioenergéticas*</b>	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
<b>Resíduos de cenoura*</b>	14,74	-	-	4,56	3,62	19,97	15,78	79	0,17	0,06	0,15	54	Em desenvolvimento
<b>Resíduos de laranja*</b>	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)
<b>Resíduos de pêra</b>	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
<b>Resíduos de frutas</b>	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
<b>Óleo de sardinha</b>	<b>1159,00</b>	-	-	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 kg/m<sup>3</sup>
- ST = 14,7 kg/m<sup>3</sup>
- SVT = 10,1kg/m<sup>3</sup>

$$\text{SVT/ST} = 69\%$$
$$\text{CQO/SVT} = 1,62$$

$$\eta = \text{CQO}_{\text{rem}} / \text{CQO} = 59\%$$
$$\text{CQO}_{\text{rem}} = 9,7 \text{ kg /m}^3$$

Produção diária de metano = 1,53 Nm<sup>3</sup>/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/m<sup>3</sup>
- ST = 25,8 kg/m<sup>3</sup>
- SVT = 18,8 kg/m<sup>3</sup>

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

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

Produção diária de metano = 1,95 Nm<sup>3</sup>/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/m<sup>3</sup>

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

- ST = 12,17 kg/m<sup>3</sup>

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

- SVT = 8,82 kg/m<sup>3</sup>

- Produção diária de metano = 2,73 m<sup>3</sup>/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?



Chorume  
de Porco

**C/N = 5**

**Biogás = 2,74 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>**

**Produção diária de Metano = 1,64 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>**

**E2 = 18,04 kWh m<sup>-3</sup>**

Lamas  
Mistas de  
ETAR



**C/N = 6**

**Biogás = 2,23 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>**

**Produção diária de Metano = 1,35 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>**

**E2 = 14,85 kWh m<sup>-3</sup>**

Chorume  
de Bovinos  
de leite



**C/N = 12**

**Biogás = 2,41 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>**

**Produção diária de Metano = 1,54 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>**

**E = 16,94 kWh m<sup>-3</sup>**

Utilização de co-substratos

Culturas Bioenergéticas

*cynara cardunculus*



*pennisetum purpureum*



*Duckweed*



Restos de sopa de cantina



Óleo de sardinha

Unidade de Produção de Biogás



Resíduos de frutas e vegetais



Frutas não-conformes

**Biogás**

# Ensaio de Co-Digestão

Lamas Mistas  
de ETAR

C/N ↑

Biogás =  $3,88 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$   
Metano =  $2,33 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$   
E =  $25,63 \text{ kWh m}^{-3}$



**Sopa de  
Cantina**

> 74%

C/N ↑

Biogás =  $3,72 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$   
Metano =  $2,52 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$   
E =  $27,72 \text{ kWh m}^{-3}$



**Licor de Capim  
Elefante**

> 67%

C/N ↑

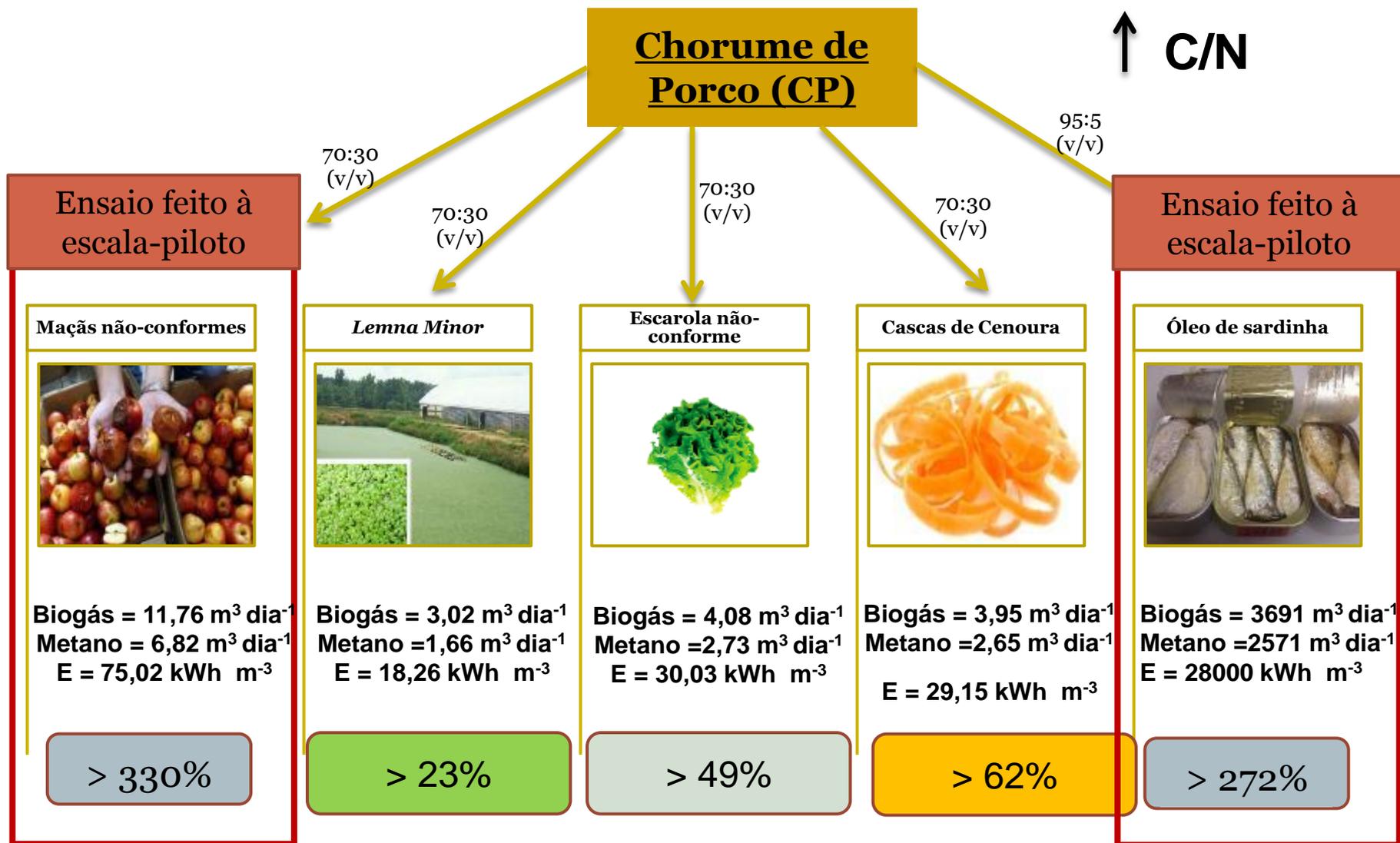
Biogás =  $6,24 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$   
Metano =  $3,96 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$   
E =  $43,56 \text{ kWh m}^{-3}$



**Licor de Cascas  
de Laranja**

> 180%

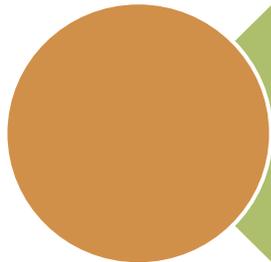
# Ensaio de Co-Digestão



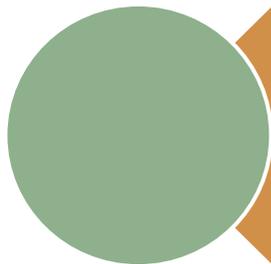
# A decorrer



**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

Mistura  
entre os 3  
substratos



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

Efluente depurado para descarga em meio recetor natural



Crescimento de *lemna minor*



Lagoas de estabilização

Digerido

# 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

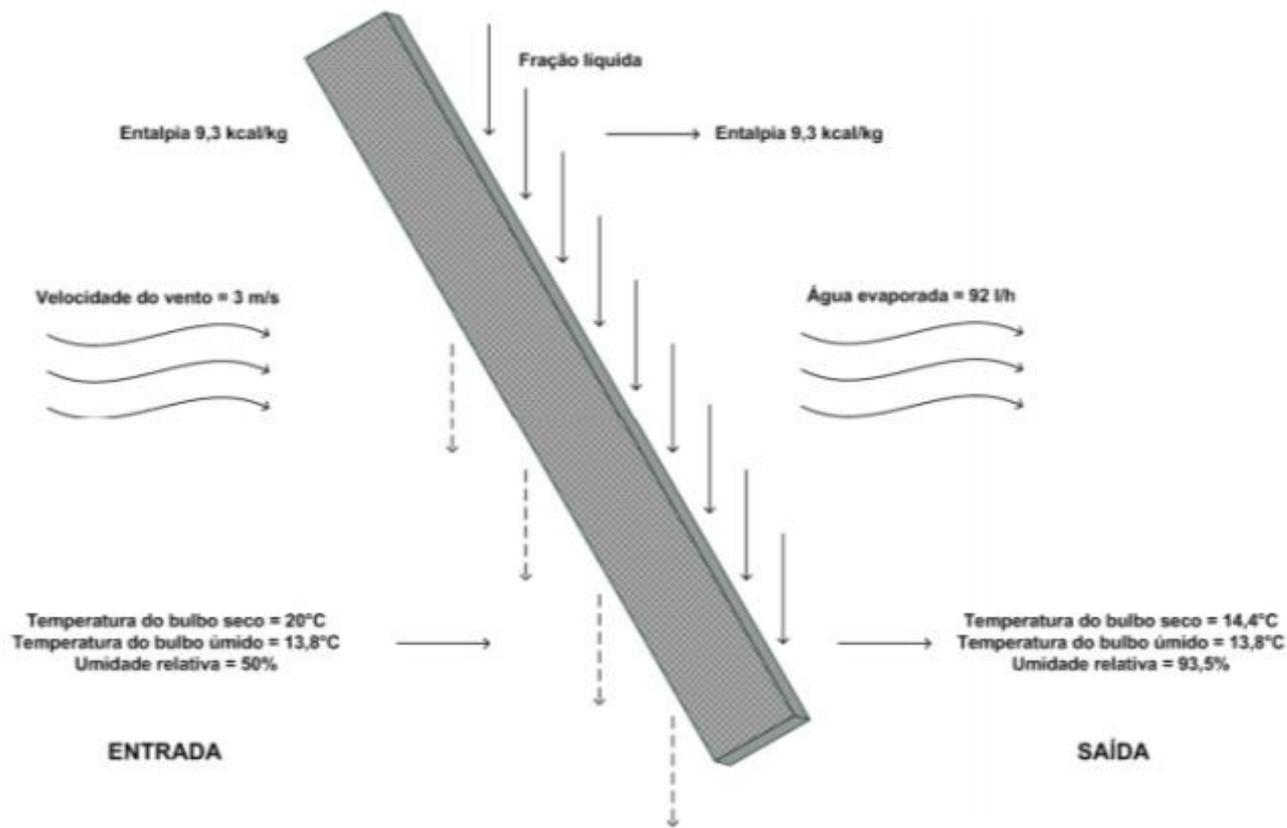


Figura 1 Variação dos parâmetros físicos no fenômeno de evaporação com painéis evaporativos (Fonte: Duarte e Neto, 1994)

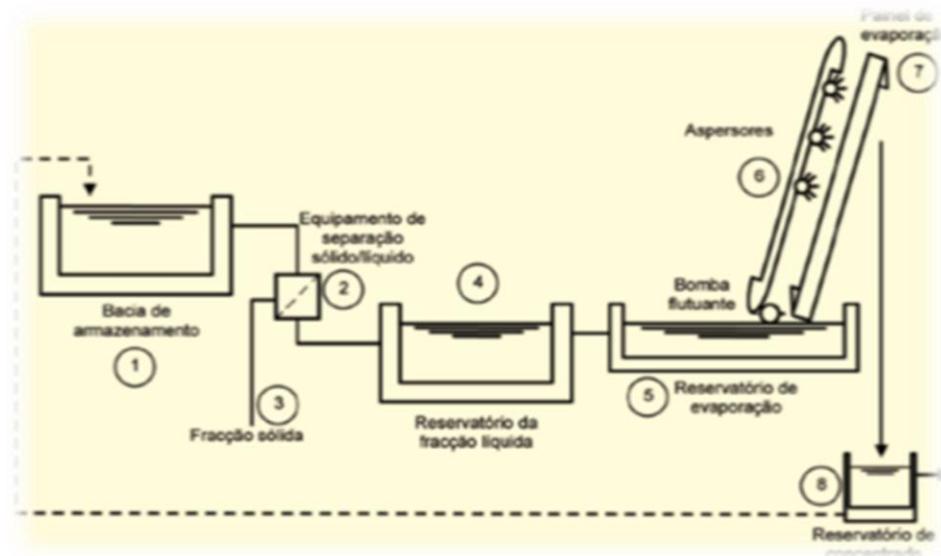
Solução para explorações com pouca área útil

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.

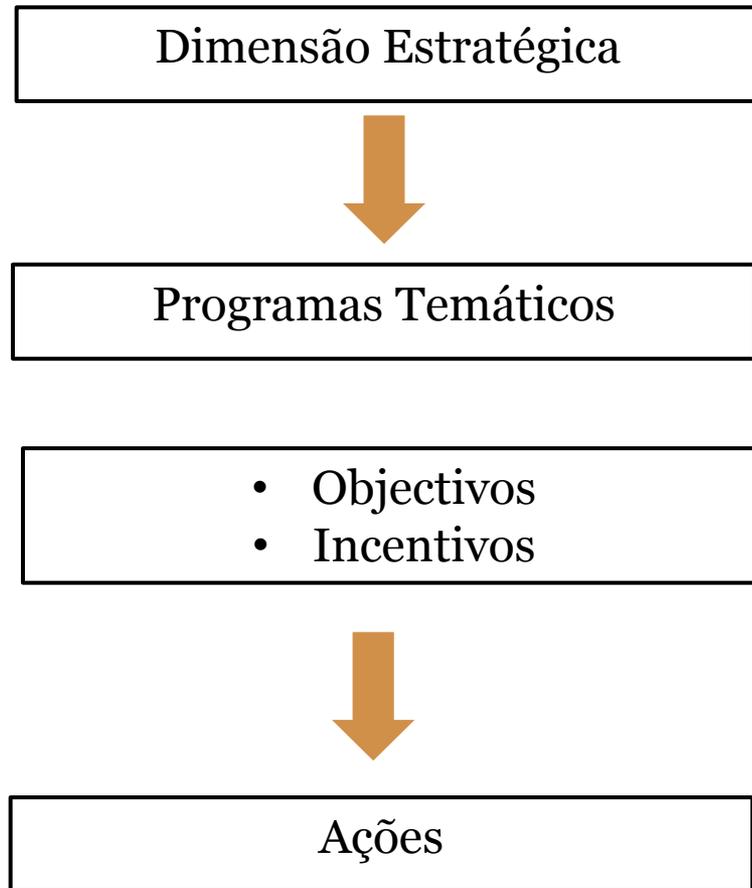


Mosca Soldado Negro

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....**