



LARSyS
Laboratory of Robotics
and Engineering Systems



MARETEC
MARINE ENVIRONMENT & TECHNOLOGY CENTER

Sustentabilidade dos Sistemas de Produção de Carne de Bovino do Sul de Portugal

Tiago Domingos

MARETEC, LARSyS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Terraprima

FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



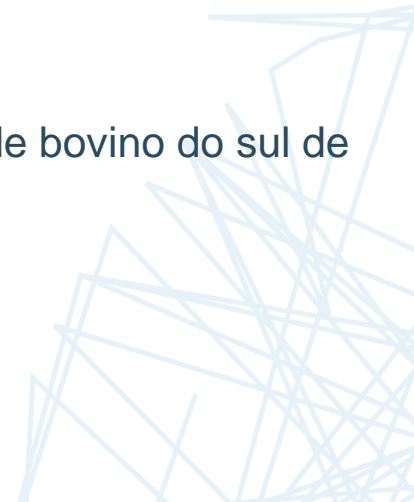
Seminário para
Apresentação dos
Resultados Finais
do Projeto
LegForBov

Audatório da Estação Zootécnica Nacional (Vale de Santarém)

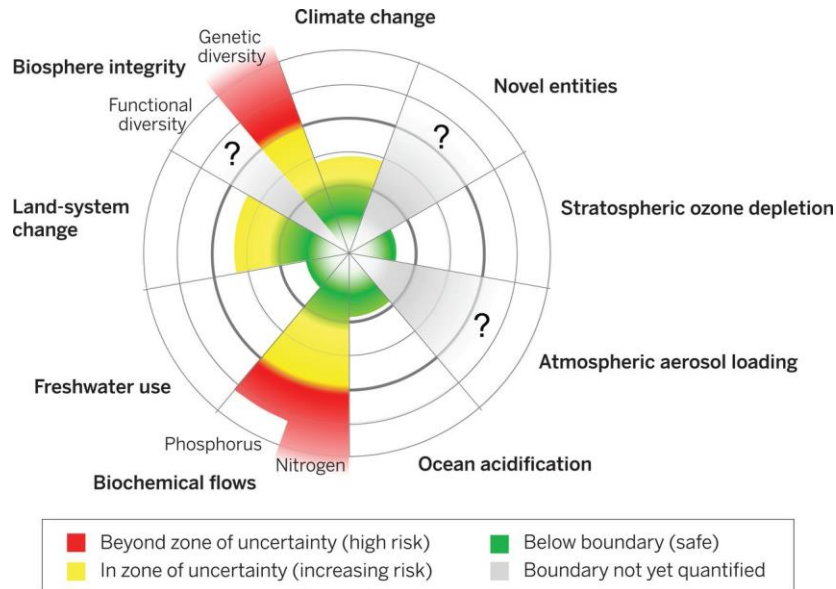
IFT TÉCNICO
LISBOA

Visão Geral

- A produção animal no quadro dos desafios da sustentabilidade global
- Requisitos de sustentabilidade para a produção animal
- Uma visão sobre a sustentabilidade dos sistemas de produção de carne de bovino do sul de Portugal



Limites Planetários



Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.

Competição pelo Uso do Solo

- Os desafios do desenvolvimento sustentável levam a uma concorrência crescente por terra:
 - Alimentar uma população crescente e cada vez mais próspera
 - Produzir biomassa para energia e matérias-primas para a indústria
 - Instalar energia solar e eólica
 - Fixar carbono nos solos e nas florestas
 - Conservar a biodiversidade
 - o uso e a alteração do uso do solo são as maiores pressões sobre a biodiversidade

O Papel Crítico do Azoto (I)

- O azoto é um elemento crítico para a nutrição vegetal, animal e humana
- Na agricultura tradicional, biológica, as leguminosas são a principal fonte de azoto (Carmo et al., 2017)
- A invenção do processo Haber-Bosch de fixação industrial de azoto alterou criticamente a situação
 - A humanidade está agora a fixar tanto azoto como todos os processos naturais considerados em conjunto
 - A fixação industrial de azoto é um grande consumidor de energia fóssil e, portanto, emissor de CO₂
 - A aplicação de fertilizantes sintéticos conduz a emissões elevadas de óxido nitroso e nitratos, com degradação da qualidade do solo e da água

Carmo, M., García-Ruiz, R., Ferreira, M. I., & Domingos, T. (2017). The NPK soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: The transition from organic to chemical fertilization. Scientific Reports, 7(1), 1-14.

O Papel Crítico do Azoto (II)

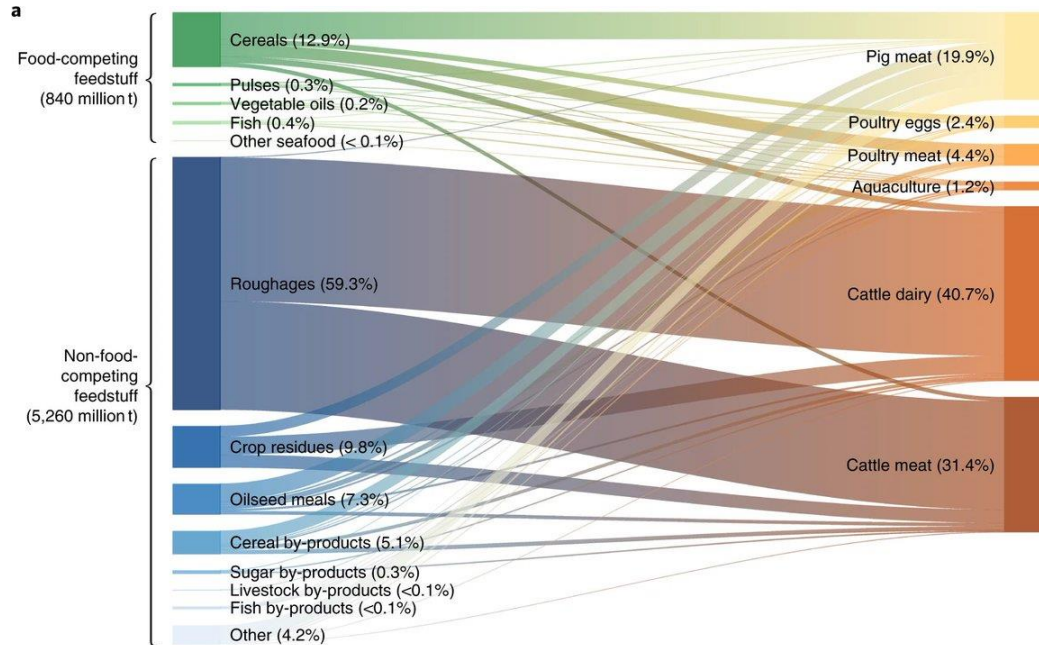
- Nas condições produtivas actuais, a eliminação total do uso de azoto Haber-Bosch (ou seja, a agricultura biológica) é inviável para alimentar toda a Humanidade (Morais et al., 2021)
- Ainda assim, é importante minimizar a utilização de azoto Haber-Bosch

Morais, T. G., Teixeira, R. F. M., Lauk, C., Theurl, M. C., Winiwarter, W., Mayer, A., Kaufmann, L., Haberl, H., Domingos, T., Erb, K. H. (2021). Agroecological measures and circular economy strategies to ensure sufficient nitrogen for sustainable farming. Global Environmental Change, 69, 102313.

O Papel do Gado Ruminante

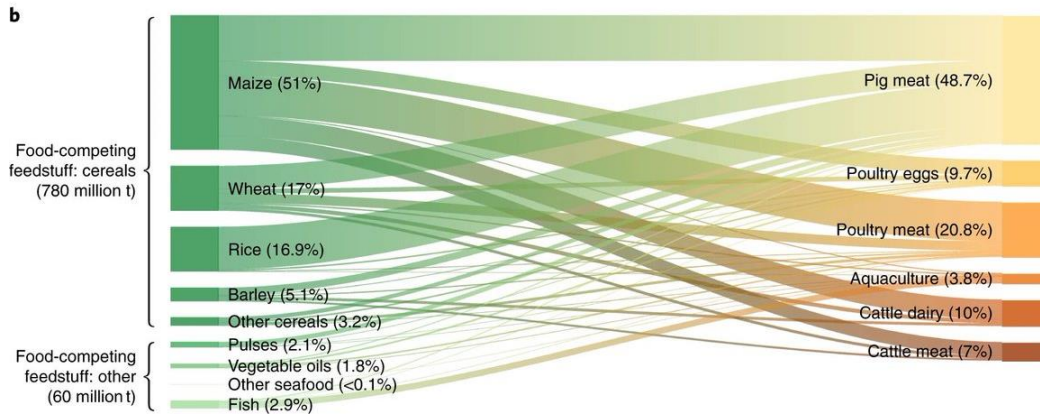
- O argumento geralmente utilizado, baseado em considerações termodinâmicas fundamentais, de que comer animais é ineficiente, é agora bem conhecido por não ser genericamente aplicável; a distinção crítica é se os animais estão a ser alimentados ou não com alimentos que podem ser usados para alimentação humana
- Os ruminantes têm um papel especial num sistema alimentar sustentável, devido à sua capacidade de processar alimentos não utilizáveis para alimentação humana (nomeadamente ricos em fibra) transformando-os em leite e carne de alto valor nutritivo e promovendo a reciclagem de nutrientes (nomeadamente azoto)

Utilização de Alimentos



Sandström, V., et al. (2022). Food system by-products upcycled in livestock and aquaculture feeds can increase global food supply. Nature Food, 3(9), 729-740.

Utilização de Alimentos em Competição com Alimentação Humana



Sandström, V., et al. (2022). Food system by-products upcycled in livestock and aquaculture feeds can increase global food supply. Nature Food, 3(9), 729-740.

O Papel do Gado Ruminante

- O argumento geralmente utilizado, baseado em considerações termodinâmicas fundamentais, de que comer animais é ineficiente, é agora bem conhecido por não ser genericamente aplicável; a distinção crítica é se os animais estão a ser alimentados ou não com ração humana comestível
- Os ruminantes têm um papel especial num sistema alimentar sustentável, devido à sua capacidade de processar alimentos humanos não comestíveis (nomeadamente ricos em fibras) transformando-os em leite e carne de alto valor nutritivo e aumentando o ciclo de nutrientes (nomeadamente nitrogénio),
- No entanto, isto acarreta uma penalização ambiental em emissões de metano

Uma Solução Exemplar nas Zonas Mediterrânicas?

**Pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas
(PPSBRL)**

+

Montado

+

Engorda Intensiva Optimizada



Pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas



PPSBRL

Semeadas com sementes melhoradas e seleccionadas

Biodiversas, com um máximo de 20 espécies ou variedades

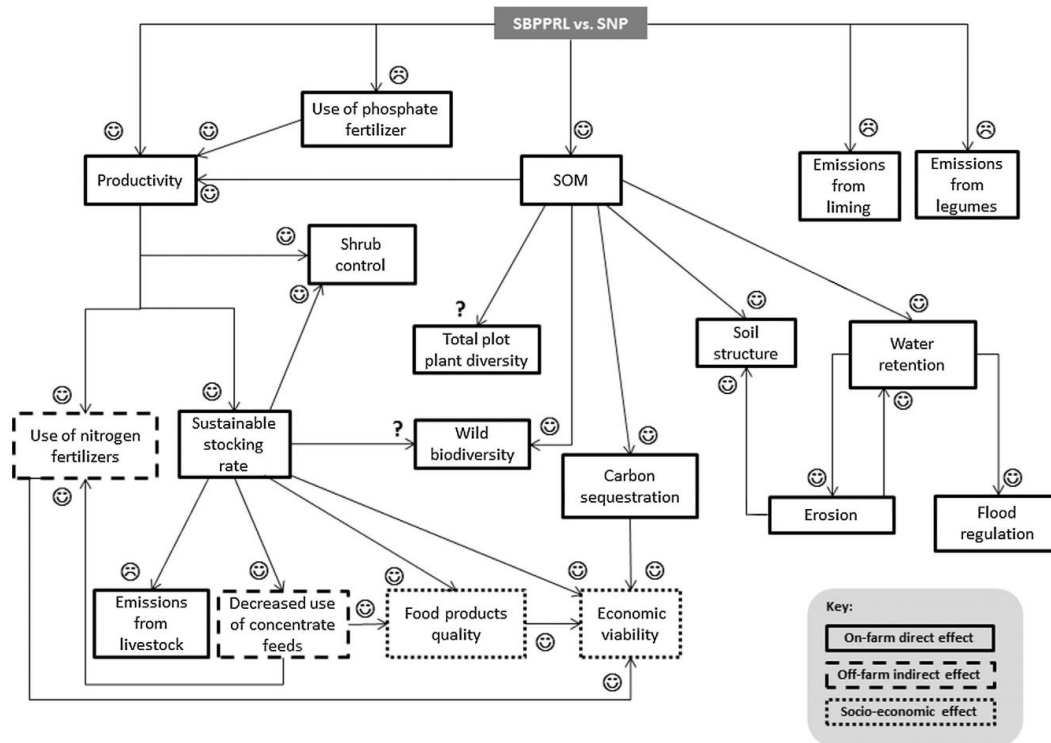
Permanentes, sendo autossemeadas durante pelo menos 10 anos

Ricas em Leguminosas, evitando a utilização de fertilizantes azotados

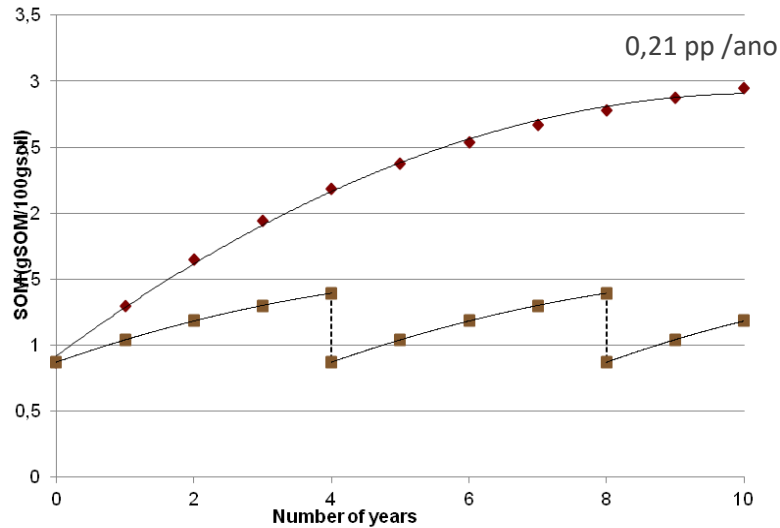


PPSBRL: Análise

Teixeira, R. F., Proenca, V., Crespo, D., Valada, T., Domingos, T. (2015). A conceptual framework for the analysis of engineered biodiverse pastures. *Ecological Engineering*, 77, 85-97.



PPSBRL: Sequestro de Carbono



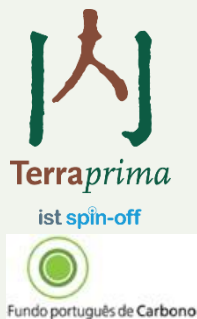
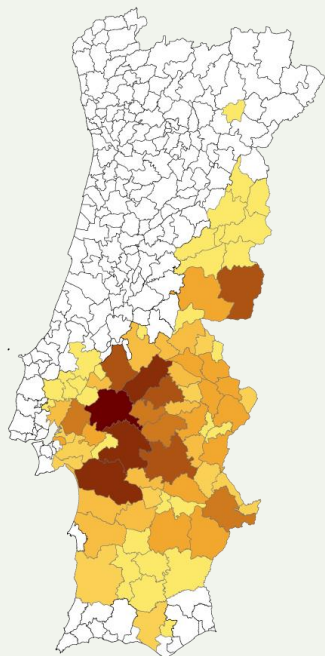
Pastagens
semeadas
biodiversas

Média de 10 anos
6,5 tCO₂ /ha/y

Pastagens
naturais

Teixeira, R., Domingos, T., Costa, A.P.S.V., Oliveira, R., Farropas, L., Calouro, F., Barradas, A.M., Carneiro, J.P.B.G. (2011). Soil organic matter dynamics in Portuguese natural and sown grasslands. *Ecological Modelling* 222: 993-1001.

Projectos Terraprima - Fundo Português de Carbono (FPC) 2009-2014



**Pastagens Semeadas
Biodiversas**

# Agricultores	1 000
Área	50 000 ha
CO ₂ vendido ao Fundo Português de Carbono	1 Mton

Projectos Terraprima - Fundo Português de Carbono (FPC) 2009-2014

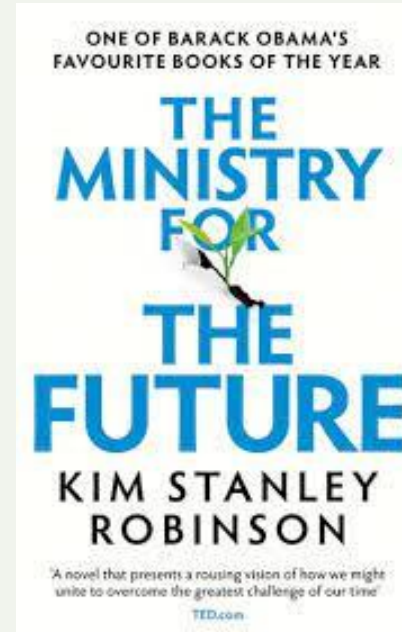


Considerada em 2013 pela Comissão Europeia como a melhor solução para o clima na Europa



Roteiro Português para a Neutralidade de Carbono: Multiplicar a área da PPSBRL por 400%
(Resolução do Conselho de Ministros N.º 107/2019)

Projectos Terraprima - Fundo Português de Carbono (FPC) 2009-2014



Montado







- **As tentativas nos séculos XIX e XX de utilizar estas terras para o cultivo de cereais levaram a uma degradação maciça do solo** (Carmo e Domingos, 2021)
- **Actualmente, as pastagens são o uso dominante do sub-coberto**

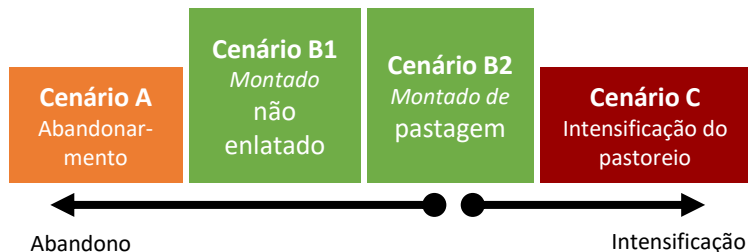
Carmo, M., & Domingos, T. (2021). Agricultural expansion, soil degradation, and fertilization in Portugal, 1873–1960: From history to soil and back again. Social Science History, 45(4), 705-732.

Montado e Serviços de Ecossistema: Resultados de uma Revisão Sistemática

ALTERAÇÕES NA OFERTA DE SERVIÇOS ECOSISTÉMICOS A PARTIR DO CENÁRIO

 Diminuir
  Aumentar
  Equivalente a B2
 (sem alteração)
  Provas
 contrastantes

Falta de dados = não há dados suficientes para avaliar

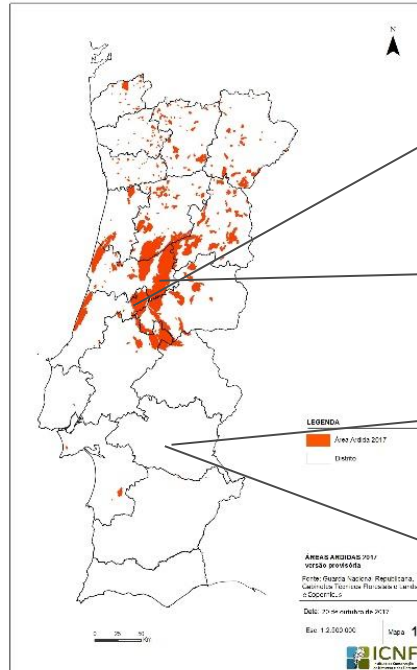
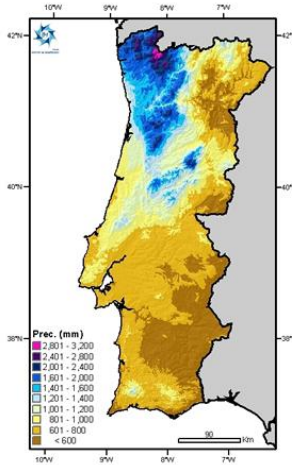


Marta-Pedroso, C., Laporta L., Santos Silva C. (2020) ECOPOL: Internalização da narrativa funcional do Montado na formulação, acompanhamento e avaliação das políticas de Desenvolvimento Rural. Coordenadores: Domingos, T., Gonçalves Ferreira, A., Silveira, P., Tenreiro, P. Instituto Superior Técnico & UNAC, Lisboa e Coruche.

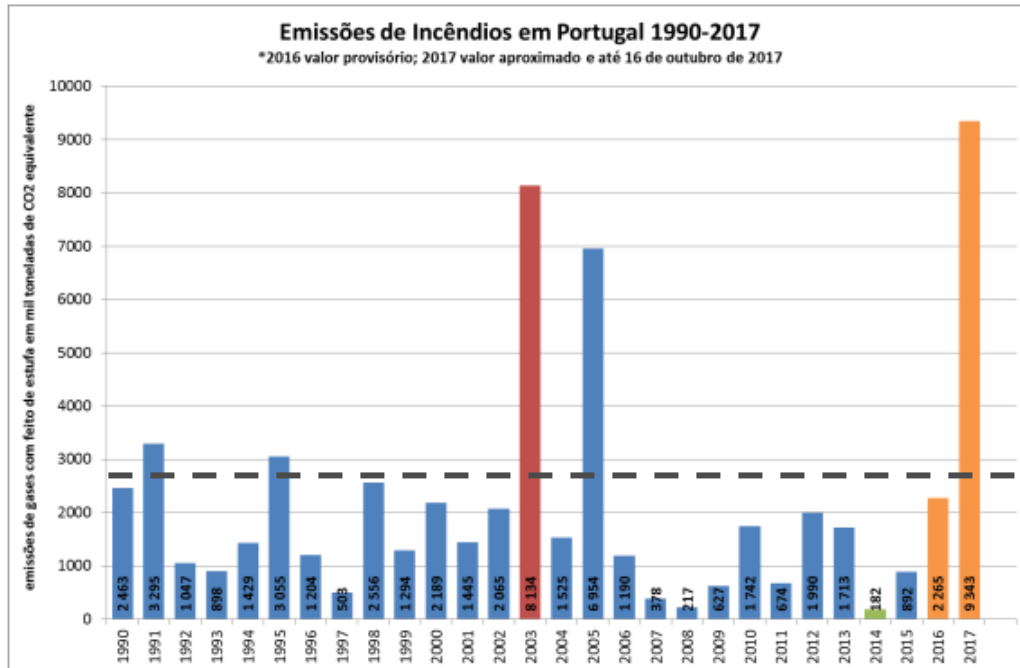
	A	B1	B2	C	
Sequestro de carbono	-	+	+	-	
Reciclagem de nutrientes	-	?	+	-	
Controlo da erosão	-	?	+	-	
Balanço hídrico	-	+	+	++	
Polinização	-	-	+	-	
Risco de incêndio	-	-	+	-	
Estética da Paisagem	-		+	-	
Biodiversidade Funcional	Fitodiversidade	-	?	+	-
	Diversidade de Macrofungos	-	+	+	-
	Diversidade da Macrofauna do Solo	-	++	+	-
	Diversidade das aves	+	?	+	-
	Diversidade de habitats	-		+	-
Lince ibérico (<i>Lynx pardinus</i>)	-	?	+	-	



Montado: Pastoreio por Ruminantes Reduz Fogos Rurais



Emissões de Carbono por Incêndios Rurais



Emissões
directas por
bovinos de carne

Engorda Intensiva Optimizada

– **Clima**

- Aplicação de aditivos redutores de metano (e, no futuro, genética melhorada)
- Gestão de estrume com produção de biometano e estratégias para a minimização de outras emissões gasosas

– **Nitrogénio/Nutrientes**

- Maximização da utilização de sub-produtos, resíduos e forragens ricas em leguminosas produzidas em terras inadequadas para a produção de alimentos para consumo humano
- Utilização de estrume, em primeiro lugar, para a produção de plantas para alimentação humana e, em segundo lugar, para a produção de forragens
- Localização e escala adequadas

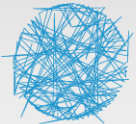
Conclusões

- **O gado ruminante desempenha um papel fundamental nos sistemas agro-alimentares sustentáveis**
- **O pastoreio em pastagens ricas em leguminosas é a chave para isso, aproveitando terras que não podem ser utilizadas para a produção de alimentos para consumo humano para fornecer uma fonte de azoto sustentável para o sistema alimentar**
- **É possível conceber sistemas que, idealmente, sejam sustentáveis, tais como**

Pastagens Permanentes Semeadas com Biodiverso Rico em Legumes +

Montado +

Engorda Intensiva Optimizada



LARSyS
Laboratory of Robotics
and Engineering Systems



MARETEC
CENTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO AMBIENTE E DO MAR
TÉCNICO LISBOA

Obrigado

Tiago Domingos
(tdomingos@tecnico.ulisboa.pt)

FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

FCT Plurianual 2020-2023 (UIDP/50009/2020)

