



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM GESTÃO AMBIENTAL

Fabiana Gabriela Rossa dos Santos

**Avaliação da produção de efluentes pecuários da
Região Centro e do potencial para valorização
como matéria fertilizante**

Orientadora: Prof. Doutora Daniela Santos

Coorientadora: Doutora Verónica Oliveira

Versão Final

Coimbra, 2025



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM GESTÃO AMBIENTAL

Fabiana Gabriela Rossa dos Santos

Avaliação da produção de efluentes pecuários da Região Centro e do potencial para valorização como matéria fertilizante

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra para
cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de
mestre em GESTÃO AMBIENTAL

Orientadora: Prof. Doutora Daniela Santos

Coorientadora: Doutora Verónica Oliveira

Versão Final

Coimbra, 2025

Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Daniela Santos e coorientadora Doutora Verónica Oliveira pela disponibilidade, acompanhamento e sugestões que me ajudaram a enriquecer esta investigação.

À minha família e amigos, pelo apoio constante, mesmo nos momentos de maior frustração. Pela paciência e palavras de apoio nos momentos certos.

Por fim, a este percurso – pelas aprendizagens, pelos desafios e pela oportunidade de crescer, dentro e fora do contexto académico.

Resumo

À medida que a preocupação com a sustentabilidade agrícola aumenta e os mercados sofrem instabilidade, a dependência de fertilizantes sintéticos e a subida do custo dos mesmos, leva à necessidade de explorar alternativas com menos impacto no ambiente e nas culturas agrícolas. A grande representatividade das unidades de produção pecuária de bovinos, suínos e aviários na Região Centro disponibilizam quantidades de efluentes cuja viabilidade técnica e económica enquanto matéria fertilizante alternativa aos adubos de síntese industrial, importa avaliar.

Este estudo tem por objetivo estimar a quantidade de efluentes pecuários produzidos na Região Centro de Portugal para se poder avaliar em que medida a dependência de adubos sintéticos na região, poderá ser reduzida sem comprometer os níveis de produção agrícola da região e aumentando a fertilidade do solo e resiliência contra os processos erosivos. A metodologia baseou-se na elaboração de um questionário sobre a Gestão de Efluentes Pecuários na Região Centro de Portugal. Contudo, o número de respostas por cada categoria de efluente não foi suficiente para que as amostras pudessem ter validade estatística. A alternativa para a realização da avaliação prevista foi proceder-se complementarmente à pesquisa bibliográfica e à análise de informação contida em bases de dados oficiais.

Os resultados demonstram que há excesso de produção de efluentes pecuários na região, evidenciando-se a necessidade do devido encaminhamento e valorização desses resíduos. Foram também identificados os desafios enfrentados pelos produtores pecuários na gestão dos efluentes, incluindo os custos, a dificuldade de respeitar todas as normas e regulamentação ambiental devido à falta de formação e apoio técnico acessível e eficaz.

Realiza-se uma comparação entre os dois tipos de fertilização (orgânica e sintética), de forma a demonstrar que é possível e necessário realizar esta transição. São também apresentadas soluções para uma melhor gestão dos efluentes, de maneira a otimizar a sua utilização.

Conclui-se que é urgente repensar as práticas agrícolas, apoiando os produtores e implementando políticas eficazes que permitam reduzir a dependência de fertilizantes de origem sintética, para minimizar os impactos ambientais, melhorar a qualidade do solo e a resiliência do setor agropecuário.

Palavras-chave: Fertilização, Gestão de efluentes pecuários, Caracterização Agropecuária

Abstract

As concern for agricultural sustainability grows and markets become unstable, dependence on synthetic fertilizers and their rising cost has led to the need to explore alternatives that have less impact on the environment and crops. The large number of cattle, pig and poultry production units in the Central Region, provide quantities of effluent whose technical and economic viability as an alternative fertilizer to industrial synthetic fertilizers needs to be assessed.

The aim of this study is to estimate the amount of livestock effluent produced in the Central Region of Portugal in order to assess the extent to which dependence on synthetic fertilizers in the region can be reduced without compromising the region's agricultural production levels and increasing soil fertility and resilience against erosive processes. The methodology was based on drawing up a questionnaire on Livestock effluent Management in the Central Region of Portugal. However, the number of responses for each effluent category was not sufficient for the samples to have statistical validity. The alternative for carrying out the planned evaluation was to perform the additional bibliographic research and analysis of information, contained in official databases.

The results show that there is an excess of livestock effluent production in the region, highlighting the need to properly dispose of and recover this waste. The challenges faced by livestock producers in managing effluent were also identified, including costs, the difficulty of complying with all environmental standards and regulations due to lack of accessible and effective training and technical support.

A comparison is made between the two types of fertilization (organic and synthetic), in order to demonstrate that it is possible and necessary to make this transition. Solutions are also presented for better effluent management in order to optimize its use.

The conclusion is that there is an urgent need to rethink agricultural practices, supporting producers and implementing effective policies to reduce dependence on inorganic fertilizers in order to minimize environmental impacts, improve soil quality and the resilience of the agricultural sector.

Keywords: Fertilization, Livestock effluent management, Agricultural characterization.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice de Tabelas	v
Índice de Quadros.....	v
Índice de Figuras	vi
Lista de Siglas e Acrónimos.....	vii
1 Introdução.....	1
2 Revisão da literatura e Enquadramento Teórico	5
2.1 Setor Agropecuário.....	5
2.2 Gestão Sustentável de Efluentes Pecuários	7
2.3 Enquadramento Legal e Estratégias Políticas.....	11
2.3.1 Metas e Estratégias Nacionais.....	11
2.3.2 Metas e Estratégias Europeias	17
2.3.3 Água.....	21
2.3.4 Solo	23
3 Casos de Estudo Internacionais e Boas Práticas.....	26
3.1 Redução das Emissões de GEE.....	26
3.2 Impactes da aplicação a longo prazo de fertilizantes orgânicos	27
3.3 Produção de biogás e valorização de subprodutos pecuários.....	28
4 Metodologia	30
4.1 Determinação da dimensão mínima das amostras para inquéritos com validade estatística.....	31
5 Caracterização da Região Centro.....	33
5.1 Organização Administrativa	33
5.2 Clima	34
5.3 Solo	36
5.4 Agropecuária	39
5.4.1 Resultados dos inquéritos.....	45
6 Discussão	58
6.1 Balanço de nutrientes N e P	58
6.2 Soluções para o excesso de efluentes.....	62
6.3 Planos de fertilização com base nas necessidades das culturas	64
6.4 Dificuldades dos produtores pecuários	65
6.5 Comparação entre fertilizantes orgânicos e fertilizantes minerais	66
7 Conclusão.....	68
8 Referências	69
9 Anexos	73

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Caracterização geral do setor agropecuário na Região Centro de Portugal (NUTS II) (Fonte: GPP, 2023)	5
Tabela 2 - Nº de explorações agrícolas da Região Centro (Fonte: DGAV, 2021)	32
Tabela 3 - Tamanho da amostra por tipo de exploração	32
Tabela 4 - Efetivo bovino e suíno em Portugal Continental no ano de 2019 (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	39
Tabela 5 - Concelhos com maior produção de azoto (N) (s/ regime extensivo) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	40
Tabela 6 - Concelhos com maior produção de azoto (N) (c/ todos os regimes) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	40
Tabela 7 - Concelhos com maior produção de fósforo (P) (s/ regime extensivo) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	41
Tabela 8 - Concelhos com maior produção de fósforo (P) (c/ todos os regimes) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	41
Tabela 9 - Maior quantidade de azoto (N) e origem pecuária anual em excesso (s/ regime extensivo) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	42
Tabela 10 - Maior quantidade de azoto (N) de origem pecuária anual em excesso (c/ todos os regimes) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	42
Tabela 11 - Maior quantidade de fósforo (P) de origem pecuária anual em excesso (s/ regime extensivo) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	43
Tabela 12 - Maior quantidade de fósforo (P) de origem pecuária anual em excesso (c/ todos os regimes) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	43
Tabela 13 - Produção de EP (estrume e chorume) por região administrativa (Fonte: GoEfluentes, 2022)	44
Tabela 14 - Municípios com maior e menos produção de EP (Fonte: GoEfluentes, 2022)	44
Tabela 15 - Quantidades médias mensais dos efluentes produzidos	48
Tabela 16 - Capacidade e tempo de armazenamento de cada estrutura	50
Tabela 17 - Soma da quantidade média anual de efluente por tipo de valorização	53

Índice de Quadros

Quadro 1 - Definição segundo a Portaria nº 79/2022, de 3 de fevereiro (Fonte: Manual de Gestão de EP, 2022)	8
Quadro 2 - Metas Principais (ENEAPAI 2030, 2022)	12
Quadro 3 - Metas Nacionais (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	12
Quadro 4 - Boas práticas e exemplos de sustentabilidade (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))	14
Quadro 5 - Decreto-Lei nº 81/2013 (Fonte: NREAP)	16
Quadro 6 - Metas Europeias (Fonte: Comissão Europeia, 2021; Comissão Europeia, 2022)	18
Quadro 7 - Resumo do Código de Boas Práticas Agrícolas	20
Quadro 8 - Objetivos da Diretiva	21
Quadro 9 - Resumo da Lei de Bases do Ambiente	25
Quadro 10 - Tipos e características do solo (Fonte: Florestas, 2022)	37

Quadro 11 - Comparação das características dos fertilizantes orgânicos e minerais sintéticos.....	67
---	----

Índice de Figuras

Figura 1 - Princípios da economia circular (Fonte: DGADR, 2022)	8
Figura 2 - 100 Municípios e CIM (Fonte: CCDR, 2024)	33
Figura 3 - Municípios da Região Centro no âmbito da CCDRC (Fonte: CCDRC, 2024)	34
Figura 4 - Clima de Portugal Continental (Classificação de Köppen) (Fonte: IPMA, 2025)	34
Figura 5 - Temperatura média anual e precipitação acumulada anual (Fonte: IPMA, 2025)	35
Figura 6 - Mapa de Solos (Fonte: Florestas, 2022)	36
Figura 7 - Consumo de fertilizantes minerais azotados, fosfatados e potássicos na agricultura (Fonte: INE, 2023)	45
Figura 8 - Origem dos inquiridos por município	46
Figura 9 - Tipologia de produção pecuária	46
Figura 10 - Tipo de efluente produzido na exploração	47
Figura 11 - Estruturas de armazenamento de efluente pecuário	49
Figura 12 - Separação da fração sólida e da fração líquida	51
Figura 13 - Métodos de encaminhamento/valorização dos efluentes pecuários	52
Figura 14 - Método de aplicação do efluente no solo	54
Figura 15 - Método e área de aplicação do efluente pecuário	55
Figura 16 - Volume de chorume aplicado por ano e por tipo de cultura.....	56
Figura 17 - Quantidade de estrume aplicada por ano e por tipo de cultura	56
Figura 18 - Custo anual da gestão dos efluentes	57
Figura 19 - Evolução do balanço do azoto (Fonte: REA, 2025).....	60
Figura 20 - Evolução do balanço do fósforo (Fonte: REA, 2025)	61
Figura 21 - Evolução da perda de nutrientes por SAU (Fonte: REA, 2025)	62

Lista de Siglas e Acrónimos

CCDRC – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro
CIM – Comunidades Intermunicipais
CN – Cabeças Normais
DGADR – Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DOP – Denominação de Origem Protegida
DRAP – Direção Regional de Agricultura e Pescas
ENEAPAI – Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais
EP – Efluentes Pecuários
ETAR – Estação de Tratamento de Água Residuais
ETEP – Estações de Tratamento de Efluentes Pecuários
FMS – Fertilizantes Minerais Sintéticos
GEE – Gases com Efeito de Estufa
INIAV – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária
IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera
ISA – Instituto Superior de Agronomia
NREAP – Novo Regime de Exercício da Atividade Pecuária
NUTS – Nomenclatura de Unidades Territoriais para fins estatísticos
PDR – Programa de Desenvolvimento Rural
PIB – Produtor Interno Bruto
REAP – Regime de Exercício da Atividade Pecuária
SAU – Superfície Agrícola Utilizada
UE – União Europeia
UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
VAEP – Valorização Agrícola dos Efluentes Pecuários
ZV – Zonas Vulneráveis

1 Introdução

A crescente necessidade de produzir alimentos de forma sustentável tem impulsionado a adoção de novas abordagens na agricultura, garantindo que a evolução do conhecimento científico contribui para práticas mais eficientes. O objetivo é equilibrar o aumento da produtividade com a redução dos impactos ambientais, preservando a qualidade dos recursos naturais num contexto global cada vez mais desafiador (Despacho n.º 1230/2018, 2018).

A agricultura desempenha um papel fundamental na segurança alimentar mundial, mas a intensificação da produção tem levado ao uso excessivo de adubos químicos sintéticos, pesticidas e à concentração de animais em espaços reduzidos, resultando em problemas ambientais significativos (Despacho n.º 1230/2018, 2018). Os fertilizantes sintéticos, amplamente utilizados na agricultura moderna, dependem da extração de matérias-primas não renováveis e do uso intensivo de combustíveis fósseis (Prado *et al.*, 2022; Santolin *et al.*, 2024). Assim sendo, a gestão inadequada desses fertilizantes e de resíduos orgânicos contribui para a contaminação dos solos, da água e da atmosfera, comprometendo a sustentabilidade do setor e agravando a crise ambiental.

Os solos, que albergam mais de 25% da biodiversidade global (Comissão Europeia, 2021), são essenciais para a produção de alimentos e a filtração de água potável. Representam o quarto maior reservatório terrestre de carbono e desempenham um papel crucial na regulação do ciclo da água (Comissão Europeia, 2021), ajudando a mitigar o risco de inundação e secas. Assim, a proteção dos solos é uma prioridade nos objetivos climáticos e económicos da União Europeia (UE), sendo um investimento essencial para garantir a resiliência dos ecossistemas e a viabilidade da produção agrícola.

A crise global de adubos sintéticos, desencadeada pela pandemia de COVID-19 e agravada pela crise energética, atingiu níveis sem precedentes (Comissão Europeia, 2022). A invasão da Ucrânia pela Rússia expôs a vulnerabilidade do mercado global, dada a dependência de poucos fornecedores, como a Rússia, que representava 15% das exportações mundiais de adubos em 2020 (Comissão Europeia, 2022). A redução da oferta e a escalada dos preços afetaram gravemente os países de baixo e médio rendimento, dificultando o acesso aos fertilizantes e comprometendo a produtividade agrícola.

A escassez de adubos azotados, em particular porque são os adubos mais caros em energia, tem-se devido ao aumento do preço do gás natural, indispensável à sua produção. Na União Europeia (UE), apesar da disponibilidade de fertilizantes, a acessibilidade tornou-se um desafio para os agricultores, com os preços dos adubos azotados a registar um aumento de

149% em setembro de 2022 (Comissão Europeia, 2022). Perante este cenário, a UE tem feito esforços para mitigar os efeitos da crise alimentar que, em 2022, afetou 222 milhões de pessoas em 53 países (Comissão Europeia, 2022). A necessidade de soluções sustentáveis para garantir a segurança alimentar global tornou-se assim, uma prioridade urgente.

Neste contexto, a adoção de fertilizantes orgânicos e a utilização eficiente dos efluentes pecuários (EP) surgem como estratégias promissoras para reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos e mitigar os impactos ambientais associados à produção agrícola (Santolin *et al.*, 2024). A intensificação da pecuária na UE gera cerca de 1,4 mil milhões de toneladas de efluentes por ano (Comissão Europeia, 2022). O armazenamento e aplicação inadequados destes resíduos podem resultar na contaminação dos recursos hídricos por nitratos, emissões de gases de efeito estufa (GEE) e sobrecarga de nutrientes no solo (Prado *et al.*, 2022). O tratamento adequado desses efluentes permite que sejam utilizados com segurança como adubo orgânico, aumentando o controlo dos processos de mineralização e reduzindo assim, a dependência de fertilizantes minerais sintéticos.

Como exemplo, se o estrume for tratado por digestão anaeróbia, é possível reduzir substancialmente as emissões de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), ao mesmo tempo que possibilita a produção de biogás (Pedersen e Hafner, 2023), uma fonte de energia renovável. Outras abordagens inovadoras, como a acidificação do chorume, têm sido estudadas para limitar a volatilização do amoníaco e reduzir a poluição atmosférica (Garder *et al.*, 2023). Contudo, a aplicação direta de efluentes pecuários no solo pode representar desafios, como a introdução de resíduos de antibióticos e metais pesados, exigindo um manuseamento responsável para evitar problemas ambientais (Prado *et al.*, 2022).

O ordenamento da atividade agropecuária pretende minimizar os impactos negativos em áreas essenciais, promovendo a valorização dos agroecossistemas numa lógica de economia circular. O grande desafio é combater as alterações climáticas, assegurando a coesão económica, social e territorial. Paralelamente, procura-se converter os efluentes pecuários em recursos úteis para a agropecuária, com valor agronómico, económico e bioenergético, através da adoção de práticas sustentáveis, em linha com a Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais 2030 (ENEAPAI 2030) (DGADR, 2024).

Este trabalho está inserido no projeto Carb2Soil, dedicado ao reforço da complementaridade entre a agricultura e a pecuária, de modo a aumentar a fertilidade do solo e a sua capacidade de sequestro de carbono (Carb2Soil, 2024). O projeto concentra-se em 4 problemas fundamentais, nomeadamente:

i) a fertilidade do solo; ii) os resíduos e efluentes pecuários; iii) a emissão de gases com efeito estufa resultante da atividade pecuária e iv) a capacidade de manter os níveis de produção agrícola, dado o constante crescimento da população mundial.

Pertencente a esse projeto e financiado pelo Programa de Desenvolvimento Rural (PDR 2020), que apoia o desenvolvimento de projetos agrícolas em todo o território do continente, a investigação GoEfluentes surge com o intuito de apresentar soluções concretas de modo a aumentar a eficiência de utilização e valorização de produtos que, normalmente, são considerados desperdício (Nunes *et al.*, 2022). Explora, essencialmente, a gestão e o destino seguro dos efluentes gerados na atividade agropecuária. O seu objetivo é, através da reciclagem, reduzir a exploração de recursos naturais, de acordo com os princípios da economia circular e numa abordagem de Resíduo Zero (Nunes *et al.*, 2022). Pretende que os efluentes sejam vistos como uma mais-valia, um recurso cuja valorização é necessária para o desenvolvimento sustentável. Com a envolvimento de entidades como o Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), o Instituto Superior de Agronomia (ISA), a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) e a Associação de Produtores, obteve e construiu respostas para as ações principais do projeto:

- Caracterização do setor;
- Mitigação das emissões de GEE;
- Valorização dos efluentes.

A realização de um trabalho sobre a potencial valorização dos efluentes pecuários da região Centro, vem completar a informação já existente procurando elaborar a descrição de como é realizada a gestão de efluentes pecuários em Portugal (nomeadamente, nos setores de bovinos e suínos), quais os seus custos e quais os obstáculos que, neste momento, os produtores enfrentam. Além disso, pretende também saber a quantidade média de efluentes produzida anualmente e se existe excesso de produção dos mesmos, para assim ser possível apresentar alternativas de valorização.

A primeira etapa deste trabalho consistiu na revisão de estudos realizados na Europa, com o objetivo de compreender as práticas mais utilizadas na gestão de efluentes pecuários e os seus impactos a curto e longo prazo. Foram analisadas as metas nacionais e europeias em vigor, permitindo enquadrar os desafios atuais e as exigências regulamentares impostas no setor. A legislação relevante como o Código de Boas Práticas Agrícolas (DR, 2018) e a Portaria n.º 79/2022, foi considerada essencial para compreender as diretrizes associadas ao armazenamento, transporte e aplicação dos efluentes no solo, garantindo a sua valorização agrícola sem comprometer a qualidade dos recursos naturais como água e solo, os ecossistemas em geral e a qualidade do ambiente em sentido lato.

Na segunda etapa, realizou-se a caracterização agropecuária da região Centro, abrangendo a sua constituição administrativa, o clima e os tipos de solo predominantes. Esta análise permite avaliar a aptidão da região para a aplicação de fertilizantes orgânicos, compreender os fatores ambientais que influenciam a sua utilização e antecipar desafios relacionados com a sustentabilidade do setor.

Posteriormente, analisaram-se os dados da Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais e do projeto GoEfluentes, avaliando a quantidade de efluente pecuário produzido, o balanço de azoto e fósforo e a existência de excedentes. Apresentam-se soluções para a valorização destes efluentes, tendo em conta a sua aplicação eficiente como fertilizante. Adicionalmente, são discutidas as dificuldades enfrentadas pelos produtores pecuários na atividade de gestão de efluentes nas suas explorações. O estudo encerra com uma comparação entre fertilizantes orgânicos e sintéticos, destacando os impactos positivos e negativos de cada um e propondo alternativas para a gestão de efluentes pecuários.

Com esta análise, realizada para a região Centro, uma das que mais contribui para a sobrecarga de efluentes pecuários, pretende-se contribuir para uma reflexão sobre a sustentabilidade do setor agropecuário em Portugal e para a identificação de soluções que promovam práticas agrícolas mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

2 Revisão da literatura e Enquadramento Teórico

2.1 Setor Agropecuário

O setor agropecuário é um dos pilares do desenvolvimento rural, desempenhando um papel essencial na segurança alimentar, preservação ambiental e coesão territorial, contribuindo para o Produto Interno Bruto (PIB) em regiões rurais, gerando empregos diretos e indiretos e promovendo a economia local. A crescente pressão por práticas agrícolas sustentáveis é particularmente relevante no contexto das alterações climáticas, sendo fundamental implementar estratégias que equilibrem produtividade e preservação dos recursos naturais (Soares *et al.*, 2022).

Caracterização do Setor Agropecuário na Região Centro

Para contextualizar o estudo, apresenta-se na Tabela 1 a caracterização geral do setor agropecuário na Região Centro de Portugal, com base nos dados do Recenseamento Agrícola de 2019 (RA 2019). São analisados indicadores como o número de explorações agrícolas, a Superfície Agrícola Utilizada (SAU) e o número de cabeças normais (CN), comparando-se os valores da região com os totais do território continental. Esta comparação permite compreender o peso relativo da Região Centro no panorama nacional.

Tabela 1 - Caracterização geral do setor agropecuário na Região Centro de Portugal (NUTS II)
(Fonte: GPP, 2023)

Indicador (RA 2019)	Beira Litoral	Beira Interior	Centro (soma)	% do Continente (%)
Explorações agrícolas (nº)	44245	33617	77862	29
Superfície Agrícola Utilizada - SAU (ha)	129848	391754	521602	13,6
SAU média por exploração (ha)	2,9	11,7	6,7 (média simples)	-
Cabeças Normais (CN) totais	414773	128893	543666	25
CN por espécie	Aves: 236693 Suínos: 109258 Bovinos: 50626	Aves: 19392 Suínos: 8806 Bovinos: 59965	Aves: 256085 Suínos: 118064 Bovinos: 110591	49 23 12

A Região Centro representa cerca de 29% do total de explorações agrícolas do continente, mas apenas 13,6% da Superfície Agrícola Utilizada (SAU). Este desfasamento traduz-se numa dimensão média de 6,7 ha por exploração. Este facto reflete uma estrutura agrária mais fragmentada, especialmente evidente

na sub-região da Beira Litoral, onde a média é de apenas 2,9 ha/exploração (GPP, 2023).

- Produção Pecuária

No que diz respeito à produção pecuária, a região detém cerca de 25% do total de cabeças normais (CN) do continente, o que evidencia a importância da atividade pecuária no contexto regional.

A pecuária desempenha um papel essencial com forte presença de explorações de aves, bovinos, ovinos e suínos. Em muitas áreas de baixo rendimento agrícola, a pecuária extensiva é uma prática predominante. O aproveitamento dos efluentes pecuários para a produção de biogás e fertilizantes representa uma oportunidade para aumentar a sustentabilidade do setor.

- Produção Agrícola

O setor agrícola caracteriza-se pela predominância de culturas tradicionais como cereais - trigo e milho nas áreas regadas do litoral centro (vales do Mondego e Vouga) - e hortícolas, bem como culturas permanentes como a vinha – DOP Dão, Bairrada e Beira Interior - e o olival tradicional – disperso no vale do Tejo e Côa - que possuem importância económica e cultural, significativas.

A eficiência no uso da água, é um aspeto crítico na região, dada a representatividade das culturas regadas nos grandes sistemas hidroagrícolas dos vales do Vouga, Baixo Mondego, do Lis e Cova da Beira.

- Desafios Ambientais

O setor enfrenta desafios relacionados ao aumento da pressão sobre os recursos naturais como solo e água. É necessário reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e a contaminação dos lençóis freáticos por nitratos nas Zonas Vulneráveis (ZV), provenientes da atividade agropecuária, garantindo a sustentabilidade ambiental.

A ENEAPAI 2030 consiste num plano elaborado para resolver alguns dos desafios associados à gestão dos efluentes provenientes da atividade agropecuária e agroindustrial. Procura promover práticas sustentáveis na gestão dos resíduos gerados pela produção animal, focando-se na redução dos impactos ambientais e na promoção da saúde pública.

Os principais objetivos desta estratégia são:

- Reduzir a poluição e salvaguardar os recursos naturais;
- Desenvolver e implementar um sistema de gestão de informação e rastreabilidade dos efluentes pecuários;

- Promover e implementar soluções sustentáveis;
- Priorizar soluções de Valorização Agrícola dos Efluentes Pecuários (VAEP);
- Fomentar a investigação, o desenvolvimento e a inovação.

O plano define como atividades prioritárias as de suinicultura e de bovinicultura intensiva que, atualmente, possuem o maior valor de produção de efluentes pecuários.

2.2 Gestão Sustentável de Efluentes Pecuários

A pecuária é uma atividade que envolve a criação, produção e manuseamento de animais e engloba uma série de processos que vão desde a reprodução e alimentação, à comercialização dos produtos finais (DGADR, 2024). É fundamental para a economia de muitos países, especialmente para aqueles com grandes extensões de terreno agrícola. Além de fornecer alimento e matérias-primas, contribui também para o desenvolvimento rural, gerando emprego para as populações locais.

Ambientalmente, tanto a atividade pecuária como a atividade agrícola se destacam por serem as principais emissoras de gases como o amoníaco (NH_3), e metano (CH_4), um gás de significativo efeito de estufa (APA, 2021). As emissões de amoníaco resultam, principalmente, da volatilização dos excrementos do gado mas, apesar de em menor quantidade, também pode resultar da utilização de fertilizantes químicos nas plantações (APA, 2021). Assim, devido ao aumento da poluição associada a atividades agropecuárias, é necessário desenvolver e implementar sistemas de gestão de efluentes pecuários mais sustentáveis, eficientes e eficazes, principalmente no uso da água, e que sigam os princípios da economia circular (DGADR, 2022), apresentados no diagrama da Figura 1.

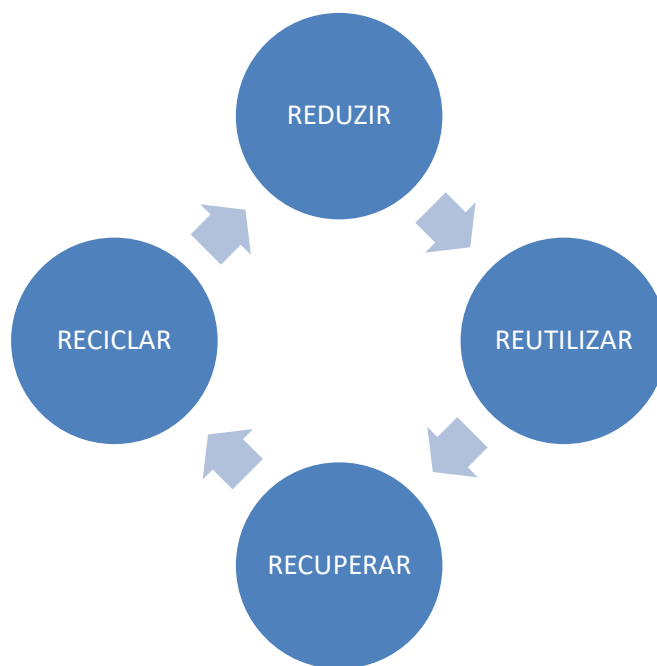


Figura 1 - Princípios da economia circular (Fonte: DGADR, 2022)

- **Caracterização do Chorume e do Estrume**

O estrume e o chorume são subprodutos distintos, provenientes da atividade agropecuária e tradicionalmente considerados os mais importantes para fertilizar os solos. O Quadro 1 apresenta a diferenciação entre estas duas matérias fertilizantes orgânicas.

Quadro 1 - Definição segundo a Portaria nº 79/2022, de 3 de fevereiro (Fonte: Manual de Gestão de EP, 2022)

Chorume	Estrume
Mistura líquida ou semilíquida de fezes e urina dos animais, águas de lavagem	Mistura sólida de fezes e urina dos animais
Contém águas de lavagem das instalações, estruturas e equipamentos da atividade pecuária	Pode conter desperdícios da alimentação, camas de origem vegetal e a fração sólida do chorume que não apresenta escorrências
Pode conter desperdícios da alimentação animal ou de camas, escorrências oriundas de nitreiras ou silos e águas pluviais não desviadas	

- Armazenamento

Os efluentes provenientes de atividades pecuárias devem ser armazenados/retidos em estruturas impermeabilizadas, próprias ou contratualizadas (Borges, Dias e Salgueiro, 2022), por prazo determinado, até à sua utilização.

As estruturas de armazenamento do estrume são as nitreiras, já as do chorume podem ser: reservatórios, tanques, valas, lagoas, cisternas, fossas sépticas, entre outras.

- Deposição

É possível depositar, temporariamente, o estrume em solo agrícola, desde que este não esteja sujeito a inundação e tenha declive reduzido (Borges, Dias e Salgueiro, 2022). A deposição é feita na forma de pilhas, servindo depois para a valorização agrícola que pode ser realizada através de incorporação direta no solo. No entanto, esta deposição deve respeitar algumas condições, tais como:

- A deposição no solo não ultrapassar o período de 30 dias;
- O local de deposição tem de se situar a uma distância mínima de 15 m dos cursos de água e a 25 m de locais de captação de águas subterrâneas;
- A pilha deve estar protegida superficialmente e o local de deposição tem de ser impermeabilizado, de forma a evitar infiltrações ou escorrências e proteger as massas de água superficiais.

- Tratamento

O tratamento dos efluentes pecuários é escolhido conforme as características físicas, químicas e biológicas dos seus subprodutos. Este é realizado com o objetivo de eliminar ou neutralizar o potencial impacto negativo de EP (Borges, Dias e Salgueiro, 2022) no ambiente e na saúde pública, transformando-os num produto com interesse económico, dando-lhe a capacidade de ser utilizado de forma sustentável, como fertilizante aplicável a diferentes culturas.

Para um encaminhamento adequado, o tratamento dos efluentes pecuários tem de ser efetuado, procurando respeitar os seguintes objetivos:

- Reciclagem de nutrientes e da matéria orgânica;
- Reutilização da água presente nos efluentes pecuários;
- Redução das emissões de odores;
- Recuperação da energia residual;

- Gestão dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, em função do meio recetor, intermédio ou final;
- Permitir um transporte adequado, através da diminuição da massa e do volume dos EP processados.

Há vários tipos de tratamento, utilizando técnicas ou processos adequados às diferentes características dos efluentes pecuários:

- Tratamento Físico:
 - Diminuição do tamanho das partículas (trituração, quebra);
 - Mistura de substâncias (compactação);
 - Separação física de fases (sedimentação, tamisação, decantação);
 - Mudança de estado físico (condensação, evaporação).
- Tratamento Químico:
 - Utiliza produtos químicos para aumentar a eficiência de remoção de um elemento ou uma substância (coagulantes, floculantes, neutralizadores de pH);
 - Remove substâncias não eliminadas nos outros processos (nutrientes e microrganismos patogénicos), através de técnicas como a cloração, ozonização e radiação ultravioleta.
- Tratamento Bioquímico:
 - São realizados através da ação de seres vivos (microrganismos)
 - Biodigestão anaeróbia;
 - Compostagem aeróbia.
- Tratamento Térmico:
 - Reduz a massa e volume de um resíduo através de:
 - Combustão;
 - Coincineração;
 - Incineração.

Podem ainda existir outros tratamentos, desde que sejam creditados pelas entidades competentes e respeitem as normas legisladas de qualidade do meio recetor, intermédio ou final.

- Destinos possíveis

Os destinos possíveis para os efluentes pecuários estão hierarquizados conforme os princípios da economia circular e são suportados por critérios de sustentabilidade (Portaria n.º 79/2022, 2022) em termos ambientais, económicos e agronómicos:

- a) Valorização Agrícola de Efluentes Pecuários (VAEP);
- b) Valorização Orgânica (Compostagem e Digestão Anaeróbia);
- c) Valorização Energética (Instalações de Coíncineração, Incineração e Combustão);
- d) Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR);
- e) Aterro.

Esta hierarquização dá prioridade aos destinos que promovem a valorização direta da matéria orgânica, nutrientes e água dos efluentes pecuários e coloca em último os destinos que dizem respeito à eliminação dos efluentes pecuários. Assim, a Valorização Agrícola dos Efluentes Pecuários (VAEP) é considerada o destino que se encontra de total acordo com os princípios da economia circular, proporcionando uma maior otimização dos recursos e permitindo uma maior eficiência na utilização dos efluentes (Borges, Dias e Salgueiro, 2022).

2.3 Enquadramento Legal e Estratégias Políticas

2.3.1 Metas e Estratégias Nacionais

A ENEAPAI 2030 (Resolução do Conselho de Ministros n.º 6/2022, de 25 de janeiro) tem como propósito principal promover a sustentabilidade no setor agropecuário e agroindustrial, através de objetivos estratégicos como:

1. **Promover a sustentabilidade ambiental** através da redução das emissões de GEE e da gestão eficiente dos recursos naturais;
2. **Desenvolver uma economia circular** no setor agropecuário, valorizando os resíduos como fontes de energia e nutrientes;
3. **Garantir a segurança alimentar e a produtividade sustentável**, integrando boas práticas agrícolas e inovações tecnológicas;
4. **Fomentar a coesão social e económica** no meio rural, incentivando explorações familiares e reduzindo assimetrias regionais.

De forma a cumprir esses objetivos, pretende reforçar o cumprimento da legislação em vigor, hierarquizar soluções e incentivar os produtores para que o tratamento de efluentes pecuários seja realizado, podendo posteriormente ser valorizado (Quadro 2).

Quadro 2 - Metas Principais (ENEAPAI 2030, 2022)

Ambientais	Produtivas e Sustentáveis	Sociais e Económicas
Reduzir as emissões de GEE provenientes do setor agropecuário	Promover soluções inovadoras para a gestão de EP	Promover a coesão territorial e social
Promover o aproveitamento de resíduos agropecuários e agroindustriais	Implementar um sistema de rastreabilidade de EP.	Capacitar e formar os operadores do setor
Garantir a gestão sustentável dos recursos hídricos com foco na eficiência do uso da água	Integração da economia circular na gestão de EP	Definir incentivos financeiros para adaptação das explorações

De acordo com as metas principais, são definidos objetivos específicos a serem conseguidos a partir do cumprimento das leis e normas, dos incentivos e com a procura de soluções (Quadro 3).

Quadro 3 - Metas Nacionais (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Cumprimento da lei	Racional das soluções	Incentivos
Reforçar os instrumentos de acompanhamento, monitorização e fiscalização	Manutenção da responsabilidade da gestão de EP na esfera dos produtores. Princípio do Poluidor-Pagador	Criar a estrutura nacional de acompanhamento da Estratégia
Concretização de sistemas de informação para a rastreabilidade de EP (quem, quanto, onde é produzido, destino final)	Priorizar a valorização agrícola de efluentes pecuários (VAEP)	Promover redes de investigação e desenvolvimento, formação e comunicação
Elaboração de mapas que integram zonas protegidas pela Lei da Água e em risco de se tornarem vulneráveis	Hierarquizar as soluções	Incentivar a promoção de soluções (solução pública)
Revisão legislativa, incluindo a conclusão da revisão da Portaria de Gestão de EP do NREAP	Promover a solução pública onde não exista possibilidade de haver outras soluções de encaminhamento de EP	Contratos de adaptação ao normativo ambiental e agronómico

Apesar de ser uma prioridade, a valorização agrícola deve realizar-se de forma sustentável, de maneira a não contribuir para a alteração do estado das massas de água superficiais e subterrâneas. A solução depende da existência

de solos agrícolas suficientes e que não estejam demasiado longe do local onde os efluentes são produzidos, para que o transporte seja viável economicamente (Soares *et al.*, 2022).

A VAEP corresponde à aplicação de EP ao solo agrícola com o objetivo de manter ou aumentar a sua fertilidade. Possibilita uma maior otimização na utilização dos recursos e permite uma maior eficiência na utilização desses mesmos efluentes. Permite reduzir a extração de recursos minerais para a produção de adubos químicos e, assim, assegura o menor consumo de recursos naturais não renováveis. É o destino de maior sustentabilidade para os efluentes pecuários a nível químico, físico, biológico, ambiental e económico.

Contudo, a valorização agrícola está dependente de fatores como:

- Identificação das áreas passíveis de valorização agrícola;
- Quantificação e caracterização dos efluentes produzidos em cada região;
- Quantificação das necessidades nutritivas das culturas agrícolas e florestais;
- Encaminhamento dos efluentes para valorização agrícola;
- Encaminhamento das quantidades remanescentes dos efluentes.

Em Portugal, há uma grande necessidade de reforçar a adoção de diferentes destinos que promovam a introdução da matéria orgânica no solo, visto que uma parte significativa dos solos portugueses é constituída por quantidades reduzidas da mesma. Portanto, é preciso conciliar os locais de produção de efluentes agropecuários e os locais de aplicação no solo, e procurar outras soluções que respeitem os princípios da economia circular.

Além das metas, existe também um conjunto de boas práticas, promovidas por esta estratégia para a sustentabilidade, elencadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Boas práticas e exemplos de sustentabilidade (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Valorização de Resíduos	Gestão Eficiente da água	Preservação do solo e da biodiversidade
A produção de biogás a partir de efluentes pecuários e resíduos agrícolas, que reduz emissões de GEE, promove a energia renovável e a compostagem dos resíduos orgânicos após a sua produção podem ser aplicados diretamente no solo oferecendo uma alternativa aos fertilizantes sintéticos	Ampliação do uso de tecnologias de rega de precisão para reduzir desperdícios.	Práticas como sistemas agroflorestais e rotação de culturas que melhoram a saúde do solo e promovem a biodiversidade.

A integração das metas nacionais e das boas práticas agropecuárias no contexto regional representa uma oportunidade de transformação económica e ambiental. Ao adotar estratégias sustentáveis, a região pode promover a **segurança alimentar**, aumentar a **resiliência climática** e garantir a **preservação dos recursos naturais** para gerações futuras.

O regime aplicável à gestão de efluentes estabelece normas regulamentares que podem ser aplicadas à gestão sustentável de efluentes pecuários e normas técnicas a ter em conta no âmbito do processo de autorização das atividades anexas a explorações pecuárias (Portaria n.º 79/2022, 2022). No artigo 6.º (Capítulo II – gestão de efluentes pecuários), dedicado ao destino dos efluentes pecuários, é referido que deve ser o operador a assegurar que os efluentes pecuários são encaminhados para os destinos finais, respeitando a hierarquia que tem por base os princípios técnicos, ambientais, socioeconómicos e de sustentabilidade.

São enunciados os seguintes destinos:

- Utilização própria;
- Valorização orgânica em unidades de compostagem;
- Valorização orgânica e energética em unidades de biogás;
- Valorização orgânica e/ou energética em sistemas integrados em ETEP (Estações de Tratamento de Efluentes Pecuários);
- Valorização energética em unidades de combustão ou coincineração;
- Tratamento em ETAR;
- Eliminação em aterro após esterilização sob pressão;
- Outros destinos que sejam reconhecidos como adequados e que se encontrem em conformidade com as estratégias ou orientações existentes em matéria de tratamento de efluentes pecuários.

No artigo 7.º estão retratados os objetivos do tratamento de efluentes pecuários. Este processo pretende:

- Reciclar nutrientes e matéria orgânica;
- Recuperar a energia residual presente nos efluentes;
- Reduzir as emissões;
- Gerir os seus parâmetros físicos, químicos e biológicos em função do destino final;
- Permitir o transporte adequado através da diminuição da massa e volume.

No que diz respeito à valorização dos efluentes pecuários, os artigos 11.º a 14.º (Capítulo III), enunciam a necessidade de autorização para realizar a valorização agrícola do efluente pecuário produzido se a quantidade deste for superior a 200 toneladas ou m³, as interdições e as condicionantes a essa valorização.

O Capítulo IV, artigo 20.º, mostra os requisitos a cumprir na comercialização de efluentes pecuários intra-UE. Devem ter como destino unidades autónomas de gestão de efluentes pecuários ou explorações agrícolas licenciadas, ao abrigo desta mesma portaria, ser acompanhadas dos boletins de análise que evidenciem o cumprimento das normas de qualidade e cumprir o estabelecido no Regulamento (UE) n.º 142/2011.

O **Decreto-Lei n.º 81/2013 de 14 de junho** estabelece o Novo Regime de Exercício da Atividade Pecuária (NREAP), nas explorações pecuárias, entrepostos e centros de agrupamentos, bem como o regime a aplicar às atividades de gestão, por valorização ou eliminação dos efluentes pecuários anexas a explorações ou em unidades autónomas (Decreto-Lei n.º 81/2013, 2013). Responde a necessidades de simplificação e agilização do processo de autorização das atividades pecuárias e de conjugação dos critérios de aplicação do REAP (Quadro 5).

Quadro 5 - Decreto-Lei nº 81/2013 (Fonte: NREAP)

Diploma Legal	Âmbito	Aplicabilidade
<p>Decreto-Lei n 81/2013 de 14 de junho</p>	<p>Capítulo I - Disposições gerais Artigo 1.º - Objeto e âmbito de aplicação Regula o exercício das atividades pecuárias, promovendo a sustentabilidade ambiental e a compatibilidade com o ordenamento do território.</p>	<p>SECÇÃO II - Classificação da atividade pecuária Artigo 3.º - Critérios de classificação da atividade pecuária -São classificadas em três classes, tendo em conta a capacidade máxima autorizada, expressa em cabeças normais (CN). -Para efeitos de enquadramento nas classes 1 ou 2 são tidos em conta a espécie pecuária, o sistema de exploração e a capacidade do núcleo de produção da exploração enquadrável na classe superior. -As instalações de compostagem, de biogás, de incineração ou coincineração, integram o processo da respetiva exploração pecuária.</p>
		<p>SECÇÃO III - Entidades intervenientes Artigo 6.º - Entidade responsável -A DGADR é a entidade responsável pelo NREAP. -Compete-lhe coordenar, promover e implementar procedimentos de aplicação e presidir à Comissão de acompanhamento do exercício das atividades pecuárias.</p>
		<p>SECÇÃO III - Entidades intervenientes Artigo 8.º - Entidade coordenadora -A entidade coordenadora competente no âmbito do NREAP é a DRAP. -Compete-lhe a coordenação da condução, monitorização e dinamização dos procedimentos administrativos.</p>
		<p>SECÇÃO IV - Sistemas de informação e Instrumentos de Apoio Artigo 12.º - Guias técnicos, códigos de boas práticas e manuais -As normas constantes no NREAP podem ser complementadas com elaboração de código de boas práticas ou manuais de procedimentos</p>
		<p>SECÇÃO IV - Sistemas de informação e Instrumentos de Apoio Artigo 13.º - Articulação com medidas voluntárias -A entidade coordenadora deve acompanhar o cumprimento dos acordos e contratos celebrados entre entidades públicas e titulares de atividades pecuárias . -Podem estabelecer acordos de incentivo ao uso de sistemas certificados de gestão ambiental.</p>

2.3.2 Metas e Estratégias Europeias

A crise global de fertilizantes devido ao aumento do preço do gás natural e à guerra na Ucrânia, evidenciou a vulnerabilidade da União Europeia devido à sua dependência em relação aos fertilizantes sintéticos, em grande parte importados. Para enfrentar este desafio, foram elaboradas estratégias que promovem a substituição parcial de fertilizantes minerais sintéticos por orgânicos, com vista a reduzir a dependência externa, minimizar a pegada de carbono e assegurar práticas agrícolas mais sustentáveis. A UE incentiva a utilização de resíduos como estrume e lamas de depuração, como alternativa, permitindo assim:

- **Reduzir a dependência de importações** de fertilizantes químicos;
- **Promover a economia circular**, reciclando nutrientes de resíduos agrícolas e urbanos.

Esta transição é essencial para enfrentar os desafios ambientais e para mitigar os impactos negativos dos fertilizantes minerais sintéticos e pretende-se que seja realizada de forma a garantir que não existe uma perda mais elevada de nutrientes (Comissão Europeia, 2022).

Para garantir que esta substituição seja realizada de forma eficiente e sustentável, é necessário:

- **Melhorar o acesso** aos adubos orgânicos;
- **Cooperar com países parceiros da UE**, para reduzir a dependência e consumo de fertilizantes minerais sintéticos, recorrendo a práticas agrícolas eficazes e sustentáveis e alternativas baseadas na gestão sustentável da fertilidade do solo.

Além disso, é incentivada a adoção de práticas regenerativas, como a rotação de culturas, a cobertura permanente do solo e o aumento da matéria orgânica para promover o sequestro de carbono e melhorar a saúde do solo. Essas práticas não ajudam apenas a mitigar a degradação ambiental, mas também reforçam a resiliência climática e a sustentabilidade a longo prazo.

De acordo com as Estratégias de Proteção do Solo da UE para 2030 (Comissão Europeia, 2021), e com o comunicado sobre Assegurar a Disponibilidade e Acessibilidade dos Adubos (Comissão Europeia, 2022), foram definidas metas para o setor agrícola, citadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Metas Europeias (Fonte: Comissão Europeia, 2021; Comissão Europeia, 2022)

Médio Prazo – até 2030	Longo Prazo – até 2050
Combater a desertificação, restaurar as terras e os solos degradados	Garantir a neutralidade climática das atividades baseadas nos solos, alcançando uma Europa com impacto neutro no clima
Restaurar zonas significativas de ecossistemas degradados e ricos em carbono	Reduzir a poluição do solo para níveis que respeitem os limites que o nosso planeta pode suportar
Reduzir em 50%, a perda de nutrientes, a utilização global, o risco dos pesticidas químicos e a utilização dos pesticidas mais perigosos	Garantir que os fertilizantes sejam produzidos a partir de fontes renováveis, como o biometano e o amoníaco verde
Ampliar o uso de biofertilizantes derivados de resíduos orgânicos	
Incorporar a gestão eficiente dos nutrientes nos planos estratégicos agrícolas dos Estados-Membros	

O biometano é apresentado como uma alternativa promissora ao gás natural, especialmente em regiões onde o hidrogénio renovável não é economicamente competitivo. O plano *REPowerEU* define uma meta ambiciosa de aumentar a produção sustentável de biometano para 35 mil milhões de metros cúbicos até 2030 (Comissão Europeia, 2022). Este aumento poderá trazer benefícios como o fornecimento de uma fonte de energia renovável, a criação de novos fluxos de abastecimento de fertilizantes orgânicos e o aumento da renda dos agricultores.

Em relação aos adubos azotados, o amoníaco produzido a partir de hidrogénio renovável (hipocarbónico e não fóssil) (Comissão Europeia, 2022), é uma tecnologia com elevado potencial para reduzir consideravelmente as emissões de GEE. Este método elimina a dependência do gás natural na produção de fertilizantes.

As metas refletem a necessidade de promover a agricultura sustentável assegurando a proteção e a regeneração do solo como recurso essencial para a segurança alimentar e a resiliência ambiental. Para as alcançar é importante continuar a financiar a investigação de soluções para aumentar a biodiversidade dos solos e evitar a sua degradação (Comissão Europeia, 2021).

O **Regulamento (UE) n.º 142/2011 da Comissão**, de 25 de Fevereiro de 2011, referido anteriormente, estabelece regras sanitárias relativas a subprodutos animais e derivados e estabelece as condições gerais para recolha, transporte, armazenamento, transformação, utilização e eliminação de subprodutos animais e derivados. Define também as responsabilidades das autoridades competentes dos Estados-Membros na realização de monitorizações e inspeções para garantir o cumprimento das disposições do regulamento. É redigido com o intuito de promover uma gestão segura deste tipo de produtos, visando proteger a saúde pública e animal, bem como o ambiente.

O **Despacho n.º1230/2018**, de 5 de fevereiro, conhecido como o “Código de Boas Práticas Agrícolas”, inclui recomendações sobre a gestão de nutrientes e fertilização sustentável. Aborda, por exemplo, o uso de corretivos orgânicos e as melhores técnicas de aplicação de adubos azotados (Despacho n.º 1230/2018, DR n.º 25/2018, Série II de 2018-02-05). Os pontos considerados mais relevantes estão compilados no Quadro 7.

Quadro 7 - Resumo do Código de Boas Práticas Agrícolas

Diploma Legal	Âmbito	Aplicabilidade
<p>Despacho n.º 1230/2018</p>	<p>Aprova e publica o Código de Boas Práticas Agrícolas (CBPA), regulando as práticas agrícolas para prevenir a poluição das águas com nitratos e fósforo de origem agrícola</p>	<p>1 - Introdução</p> <ul style="list-style-type: none"> -Destaca a necessidade de uma fertilização equilibrada, promovendo o aproveitamento eficiente de nutrientes como azoto e fósforo pelas culturas. -Recomenda a gestão integrada dos fertilizantes para evitar perdas e reduzir os impactes ambientais. -Define zonas vulneráveis à poluição por nitratos em Portugal e estabelece medidas específicas para essas áreas. -Promove a valorização dos recursos orgânicos alinhando a agricultura com os princípios da sustentabilidade e economia circular.
		<p>3 - Princípios gerais da fertilização racional</p> <ul style="list-style-type: none"> -Define fertilização racional, que consiste em fornecer nutrientes às culturas na quantidade, forma e momento adequados, de acordo com as necessidades das plantas, características do solo e condições climáticas. -Tem como princípios fundamentais a adoção de práticas que minimizem as perdas de nutrientes por lixiviação ou volatilização, a proteção dos recursos hídricos e do solo e a eficiência no uso de nutrientes. -Recomenda a realização de análises regulares ao solo, o planeamento das aplicações e promove a utilização de fertilizantes orgânicos como chorume e estrume, de forma a valorizar resíduos agropecuários e a utilização de métodos que garantam uma distribuição uniforme no solo e reduzam as perdas.
		<p>4 - Adubos contendo azoto e seu comportamento no solo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Estabelece períodos e técnicas de aplicação dos diferentes adubos, garantindo a absorção eficiente pelos solos e culturas. -Explica que a escolha do adubo adequado deve ter em conta o tipo de solo, a cultura e as práticas agrícolas. -Recomenda a adoção de técnicas de aplicação fracionada dos adubos, a análise prévia do solo e rotação de culturas para melhorar a eficácia da fertilização e minimizar o impacto ambiental.
		<p>8 - Aplicação de corretivos orgânicos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Destaca a necessidade de promover o uso sustentável de materiais orgânicos como estrumes, chorumes e compostos, para fertilização do solo e gestão de resíduos agropecuários, garantindo a preservação do ambiente e a fertilidade do solo. -Estabelece normas específicas para o uso de corretivos orgânicos, como a consideração das necessidades das culturas, a proteção da qualidade das águas e a prevenção de riscos de poluição por excesso de nutrientes. -Insiste na implementação de práticas que favoreçam a reciclagem de nutrientes, reduzindo a dependência de fertilizantes sintéticos e prevenindo danos aos recursos naturais.

2.3.3 Água

A **Diretiva Quadro da Água** (Diretiva 2000/60/CE, 2000), estabelece um quadro legal abrangente para a proteção das águas de superfície, subterrâneas, de transição e costeiras na União Europeia (APA, 2021). Os seus princípios e objetivos (Quadro 8) são fundamentais para garantir a sustentabilidade do setor agropecuário, considerando a estreita relação entre as práticas agrícolas e os recursos hídricos.

Quadro 8 - Objetivos da Diretiva

Artigo 1º Objetivos			
Prevenir a degradação dos ecossistemas aquáticos e assegurar a sua melhoria	Promover o uso sustentável da água e proteger o recurso a longo prazo	Reduzir as descargas de poluentes, incluindo os provenientes da agricultura	Mitigar os efeitos das secas e inundações, que afetam diretamente a produção agropecuária

A relação entre agricultura e recursos hídricos é destacada em vários artigos da diretiva, que orientam práticas sustentáveis no setor. Para gerir e proteger os recursos hídricos é exigida a proteção das águas subterrâneas e de superfície contra a poluição difusa proveniente da agricultura (Artigo 4º, alíneas a e b; Artigo 5º), tendo em conta que o bom estado ecológico e químico das massas de água deve também ser alcançado, o que implica a adoção de boas práticas agrícolas (Artigo 4º, alíneas a e b; Artigo 5º).

O conceito introduzido no Artigo 10º, pretende que a poluição das águas seja controlada por meio de normas específicas, que incluem a limitação de descargas de nutrientes agrícolas. Sugere a execução de medidas específicas, tais como o controlo de emissões, o estabelecimento de valores-limite de emissão e controlos que incluam as melhores práticas ambientais (Artigo 10º, nº 2, alíneas a, b e c). A diretiva refere explicitamente a Diretiva dos Nitratos (91/676/CEE), que regula a utilização de fertilizantes agrícolas, destacando a necessidade de monitorizar e mitigar os impactos da lixiviação de nutrientes na qualidade da água. Relativamente às zonas protegidas (Artigo 6º) e de captação de água (Artigo 7º), é requerida a identificação e proteção de massas de água destinadas à captação de água potável. Por esse motivo, as práticas agrícolas devem ser ajustadas para evitar a contaminação destas áreas. Assim é promovido o uso eficiente da água para rega e a prática de uma fertilização sustentável.

O Artigo 9º destaca o princípio do **poluidor-pagador**, incentivando a aplicação de políticas de preços para promover a eficiência no uso da água na agricultura. Estas medidas permitem a recuperação dos custos dos serviços hídricos e estimulam práticas que reduzam o consumo excessivo ou inadequado do recurso. É exigida a criação de programas de medidas específicas para cada região hidrográfica garantindo que as práticas agropecuárias sejam adaptadas à proteção dos recursos hídricos (Artigo 11º, nº 1). Esses programas devem incluir medidas de execução da legislação, de controlo das captações de águas doces e de exigência de regulação prévia relativamente à descarga de poluentes na água, regulando atividades agrícolas que resultem em poluição difusa e promovendo uma gestão sustentável da rega e outras práticas agrícolas.

A aplicação da Diretiva Quadro da Água ao setor agropecuário implica mudanças significativas nas práticas de gestão de recursos naturais. Entre os principais impactos estão:

- **Adoção de métodos de fertilização sustentável** - ex.: substituição de fertilizantes sintéticos por orgânicos, como o chorume, que ajuda a reduzir a lixiviação de nutrientes e a proteger os corpos hídricos;
- **Eficiência no uso da água** - ex.: implementação de sistemas de rega de precisão e o incentivo à reutilização de águas residuais tratadas, reduzindo a pressão sobre os recursos hídricos;
- **Monitorização e controlo da poluição** - ex.. exigência de monitorização dos impactos das práticas agrícolas sobre os recursos hídricos, promovendo uma abordagem preventiva e corretiva.

Esta Diretiva oferece uma estrutura essencial para alinhar as práticas agrícolas às metas de proteção ambiental e gestão sustentável dos recursos hídricos. No contexto agropecuário, o cumprimento das diretrizes da UE é fundamental para preservar a qualidade da água, garantir a sustentabilidade da produção agrícola e mitigar os impactos ambientais a longo prazo.

De modo a cumprir estes requisitos, é importante conjugar a gestão dos efluentes pecuários com a gestão dos recursos hídricos, para evitar a poluição dos mesmos. É, por isso, importante tratar os efluentes pecuários de maneira a que possam ser valorizados para regressar ao solo sem riscos de contaminação das águas subterrâneas.

2.3.4 Solo

A gestão sustentável do setor agropecuário deve estar alinhada com os princípios estabelecidos na **Lei de Bases do Ambiente** (Lei n.º 19/2014, 2014), que visa assegurar o equilíbrio entre a proteção ambiental e o desenvolvimento socioeconómico. A transição para práticas agrícolas mais sustentáveis, é uma oportunidade para promover a conservação do solo.

Entre os princípios consagrados pela Lei, destacam-se os de desenvolvimento sustentável, precaução e prevenção (Capítulo I, Artigo 3.º). É reconhecida a importância da conservação do solo como recurso natural fundamental para a produção agrícola, manutenção da biodiversidade e prevenção da erosão e desertificação, e são definidos procedimentos de fiscalização e licenciamento para atividades que possam afetar o solo e subsolo, visando garantir que tais atividades são realizadas de forma sustentável, minimizando os impactos ambientais negativos.

De acordo com o Artigo 10º (Capítulo III), a proteção do solo e da água é essencial para garantir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Por esse motivo, a fertilização orgânica desempenha um papel importante na gestão do solo, ao aumentar os níveis de matéria orgânica e promover a biodiversidade edáfica para que seja reduzido o risco de erosão e degradação destes recursos naturais.

A monitorização das atividades suscetíveis de impacto ambiental (ex.: práticas agrícolas) é destacada no Artigo 21º (Capítulo V), reforçando a necessidade de fiscalizar e inspecionar essas mesmas atividades de forma a assegurar que todas as condições são cumpridas. Ainda no mesmo capítulo, a integração de instrumentos de planeamento, mencionada no Artigo 16º, é igualmente fundamental e estes devem ser articulados com políticas agrícolas e regionais de forma a promover práticas sustentáveis e para definir metas ambientais específicas para a redução de emissões de GEE, preservação dos recursos naturais e para promover a procura por alternativas aos fertilizantes sintéticos.

A importância de integrar objetivos ambientais às políticas agrícolas é também referida no Artigo 13º (Capítulo IV). Esta abordagem permite alinhar a produção agropecuária com a proteção ambiental, promovendo sistemas agrícolas mais resilientes e adaptados às mudanças climáticas.

O artigo 17.º (Capítulo V) tem como foco a relevância dos incentivos e apoios financeiros para a implementação de práticas e tecnologias ambientalmente sustentáveis. No âmbito agropecuário sugere:

- Incentivos diretos para agricultores que adotem práticas que promovam uma economia circular;
- A criação de mecanismos financeiros (subsídios, apoios técnicos), para facilitar a transição para alternativas mais sustentáveis;
- Financiamento para projetos de inovação e investigação.

Para enfrentar desafios ambientais de modo global é também importante a cooperação internacional (Capítulo V, Artigo 20.º), para que se atinjam metas comuns. Tal é conseguido através do reforço do alinhamento das políticas nacionais com as metas europeias, como a redução de emissões de GEE e o cumprimento do Acordo de Paris, da promoção do intercâmbio de conhecimentos e tecnologias entre países e do incentivo à participação ativa de Portugal em programas e iniciativas europeias como o Horizonte Europa, que financia projetos de inovação no setor agropecuário (Quadro 9).

Quadro 9 - Resumo da Lei de Bases do Ambiente

Diploma Legal	Âmbito	Aplicabilidade
<p>Lei n.º 19/2014 de 14 de abril</p>	<p>Capítulo I - Âmbito, objetivos e princípios gerais da política de ambiente</p> <p>Artigo 2.º - Objetivos da política de ambiente</p> <p>Estabelece a Lei de Bases do Ambiente, regulando a proteção dos recursos naturais e o uso sustentável</p>	<p>Capítulo II - Direitos e deveres ambientais</p> <p>Artigo 7.º - Direitos processuais em matéria de ambiente</p> <p>-Todos têm o direito de proteger os seus interesses e direitos relacionados ao ambiente de forma plena e eficaz.</p> <p>-Direito de ação: é possível recorrer à justiça para defender direitos ambientais, incluindo ações públicas e populares;</p> <p>-Prevenção e reparação: é garantido o direito de rápida ação para prevenir danos ambientais e reparar situações prejudiciais;</p> <p>-Cessação de atividades nocivas: possibilita a exigência da interrupção imediata de atividades prejudiciais ao ambiente e a reposição do estado original, com indemnização prevista por lei.</p>
		<p>Capítulo II - Direitos e deveres ambientais</p> <p>Artigo 8.º - Deveres ambientais</p> <p>-O direito ao ambiente está ligado ao dever de o proteger, preservar e respeitar, garantindo o desenvolvimento sustentável a longo prazo, em benefício das gerações futuras.</p> <p>-Todos têm o dever de contribuir para um ambiente saudável e equilibrado, promovendo o uso eficiente dos recursos e a melhoria da qualidade de vida.</p>
		<p>Capítulo III - Âmbito de aplicação da política de ambiente</p> <p>Artigo 11.º - Componentes associados a comportamentos humanos</p> <p>-A política de combate às alterações climáticas exige uma abordagem integrada entre setores socioeconómicos e sistemas biofísicos, promovendo uma economia de baixo carbono através de medidas de mitigação e adaptação para reduzir vulnerabilidades e melhorar a resposta aos impactos negativos.</p>
		<p>Capítulo V - Instrumentos da política de ambiente</p> <p>Artigo 19.º - Atos permissivos em matéria de ambiente</p> <p>-Atividades públicas ou privadas com potencial poluidor ou que possam afetar o ambiente e a saúde humana devem obter licenciamento ou autorização prévia, conforme a legislação aplicável.</p>

3 Casos de Estudo Internacionais e Boas Práticas

Na Europa, o setor agrícola conta largamente com os fertilizantes minerais sintéticos para atender às necessidades de produção. Porém, devido à recente pandemia COVID-19 e à guerra na Ucrânia, o preço desses fertilizantes tem vindo a aumentar, chegando aos 1500 euros por tonelada (Chrysanthopoulos *et al.*, 2024). Contudo, a maior preocupação neste momento é a questão ambiental. O aquecimento global, que não manifesta abrandar, tornando premente a procura de alternativas mais sustentáveis nas várias atividades humanas como, por exemplo, na produção (agricultura) e na transformação dos alimentos (indústria alimentar).

Uma das medidas que se pretende aplicar é a substituição de fertilizantes sintéticos por fertilizantes biológicos, ou seja, provenientes de estrume e/ou efluentes da produção animal e outros resíduos orgânicos, tais como os provenientes de biomassa vegetal ou desperdícios alimentares. Este tipo de fertilizante é constituído por matéria orgânica rica em nutrientes que melhoram, não só o crescimento das plantas, como a fertilidade do solo, promovendo o sequestro de carbono (Esteves *et al.*, 2024). No entanto, quando é tratado de forma inadequada ou não é alvo de qualquer tratamento, representa uma fonte de emissões de gases tóxicos para a atmosfera e é uma fonte de agentes patogénicos que podem ter graves consequências na saúde humana e no ambiente.

3.1 Redução das Emissões de GEE

A União Europeia, com uma área de aproximadamente 475.000 hectares dedicados à produção de arroz, enfrenta o desafio de mitigar as emissões de gases com efeito de estufa (GEE), associadas a esse cultivo, que apresenta um potencial de aquecimento global quatro vezes superior ao do trigo ou milho (Maris *et al.*, 2016). Em Espanha, estudos exploraram o impacto de fertilizantes orgânicos e minerais em arrozais mediterrânicos, comparando o chorume suíno e os dejetos de galinha com fertilizantes minerais, como ureia e sulfato de amónio. Os resultados indicam que o uso de chorume suíno reduziu a intensidade das emissões de GEE por unidade de produção de arroz, enquanto a aplicação de dejetos de galinha combinados com ureia aumentou significativamente as emissões de N_2O e CO_2 (Maris *et al.*, 2016).

Nas pastagens rotativas utilizadas para gado leiteiro, o impacto de fertilizantes também foi avaliado, desta vez na Galiza. Comparou-se o efeito de chorume bovino, fertilizantes minerais e ausência de fertilização nas emissões de N_2O , CH_4 e CO_2 . As emissões de N_2O foram semelhantes entre chorume e fertilizantes minerais, mas os picos de CH_4 foram observados logo após a aplicação do chorume. No entanto, esses valores estabilizaram rapidamente, e

as emissões totais de CO₂ equivalente não diferiram significativamente entre os tratamentos (Louro *et al.*, 2016).

Por outro lado, a análise realizada em solos arenosos na Dinamarca revelou que os fertilizantes orgânicos, como efluentes de suinicultura e digeridos de biogás, geraram emissões de N₂O mais altas do que os fertilizantes minerais. Essa diferença foi influenciada por condições climáticas, como alta precipitação e baixa capacidade de retenção de água dos solos arenosos, fatores que intensificaram as emissões associadas ao uso de fertilizantes orgânicos (Petersen *et al.*, 2023).

Os três estudos convergem na necessidade de considerar fatores locais, como o clima, o tipo de solo e as práticas agrícolas, para mitigar as emissões de GEE associadas aos fertilizantes. Embora os fertilizantes orgânicos apresentem benefícios, como a reciclagem de nutrientes, a sua aplicação deve ser cuidadosamente ajustada para minimizar impactos ambientais.

3.2 Impactes da aplicação a longo prazo de fertilizantes orgânicos

A fertilização orgânica é proposta como alternativa aos fertilizantes sintéticos devido ao desafio de alimentar a crescente população mundial. Para tal, há necessidade de aumentar a produtividade agrícola, causando o menor impacto possível ao ambiente e dando prioridade à sustentabilidade a longo prazo (Mayer *et al.*, 2015). No entanto, para considerar esta fertilização viável, é importante avaliar os seus impactos a longo prazo na fauna e nos processos do solo ((Louro *et al.*, 2016); (Murchie *et al.*, 2015)).

Na Irlanda do Norte e ao longo de 33 anos, foram avaliados os efeitos de fertilizantes e chorumes bovinos e suínos sobre a biomassa e a diversidade de minhocas – bioindicadores da qualidade do solo. O chorume bovino em altas taxas promoveu um aumento de até cinco vezes na biomassa de minhocas epigénicas devido à alta concentração de matéria orgânica fresca, enquanto o chorume suíno apresentou impacto limitado, associado à acumulação de cobre residual. Não foram observadas reduções significativas nas populações de minhocas, mas a sazonalidade e humidade influenciaram fortemente os picos de biomassa na primavera e no outono (Murchie *et al.*, 2015).

Na Suíça, uma investigação iniciada pelo FiBL (*Research Institute of Organic Agriculture*) em 1978, avaliou a produtividade, qualidade e sustentabilidade do solo em sistemas agrícolas biológicos e convencionais. Os sistemas biológicos produziram, em média, 64% do rendimento dos sistemas convencionais e teores de proteína entre 79% e 90% dos níveis convencionais (Mayer *et al.*, 2015). A eficiência no uso do nitrogénio foi maior nos sistemas biológicos com baixa fertilização, mas diminuiu com o aumento do uso de azoto (N). Culturas

precedentes, como batatas, melhoraram significativamente o rendimento e a qualidade do trigo em comparação ao milho. Sistemas biológicos, embora menos produtivos, demonstraram maior sustentabilidade a longo prazo, com maiores níveis de carbono orgânico sequestrado pelo solo e maiores benefícios para a biodiversidade (Mayer *et al.*, 2015).

Na Eslovénia, a combinação de fertilização orgânica com plantação ou sementeira direta, demonstrou maior potencial na redução das emissões de óxido nitroso (N₂O) do que a mobilização de solo convencional. No entanto, essas práticas apresentaram desafios na produtividade, ressaltando a necessidade de otimização antes de uma adoção mais ampla. As emissões de N₂O foram influenciadas por fatores como o tipo de solo, a fertilização e a temperatura, reforçando a complexidade das interações entre práticas agrícolas e processos biológicos (Govednik *et al.*, 2024).

Embora a fertilização orgânica tenha demonstrado benefícios para a sustentabilidade do solo, como maior quantidade de carbono orgânico e melhor biodiversidade, desafios relacionados à produtividade e emissões de GEE ainda precisam de ser superados. A integração de práticas como a plantação ou sementeira direta e a fertilização orgânica, requer maior investigação para minimizar os impactos negativos e maximizar o equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade ambiental. Políticas agrícolas que considerem variações locais, como o clima, o tipo de solo e a biodiversidade, são essenciais para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis.

3.3 Produção de biogás e valorização de subprodutos pecuários

A produção de energia e fertilizantes a partir de biogás representa uma abordagem promissora e sustentável para enfrentar os desafios das alterações climáticas e da degradação ambiental. Como fonte de energia renovável, o biogás é obtido através da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos, incluindo efluentes pecuários, resíduos agrícolas, industriais e sólidos urbanos (Scarlat *et al.*, 2018). Após purificação, este gás pode ser utilizado para produção de calor, eletricidade e como combustível, substituindo combustíveis fósseis e reduzindo de forma significativa as emissões de GEE (Hijazi *et al.*, 2016).

O potencial de produção de biogás na Europa foi estimado em 22,7 mil milhões de m³ de biometano por ano, com capacidade de atender ao consumo anual de gás natural de países como a Bélgica. Entre 13.866 e 19.482 centrais de biogás poderiam ser instaladas na União Europeia, com maior viabilidade em regiões como França, Alemanha, Reino Unido, Espanha e Itália, devido à alta concentração de biomassa pecuária (Scarlat *et al.*, 2018). Adicionalmente, a utilização do biogás para geração de energia elétrica e produção de calor, que

em 2015 representavam 60% da produção global, demonstra a sua relevância na diversificação da matriz energética europeia (Scarlat *et al.*, 2018)

Na Irlanda do Norte foi demonstrado que centrais de digestão anaeróbia são capazes de suprir as necessidades energéticas de explorações agrícolas. Uma central de 500 kW gerou 92,186 MJ de biogás por dia, suficiente para abastecer 22 explorações leiteiras, fornecendo eletricidade, combustível para transporte e energia para processamento de laticínios. Este sistema integra energia renovável e sustentabilidade agrícola, contribuindo para a economia circular e reduzindo a necessidade de outros fertilizantes (Blades *et al.*, 2017), visto que após completada a digestão anaeróbia estes materiais podem ser compostados em processos aeróbios para estabilizar a matéria orgânica e serem utilizados para a correção do teor de matéria orgânica do solo e como fertilizantes.

O subproduto do processo de digestão anaeróbia, conhecido como “digerido”, contém nutrientes essenciais que podem ser usados como fertilizante agrícola. Numa investigação realizada na Polónia, o digerido derivado de resíduos agrícolas (silagem de milho e polpa de beterraba) foi comparado ao fertilizante mineral em campos de luzerna. O digerido aumentou os teores de fósforo, potássio e magnésio no solo, além de melhorar a qualidade nutricional da luzerna, como o aumento dos níveis de nitrogénio e potássio nas folhas. Contudo, a variabilidade na composição do digerido devido às matérias-primas utilizadas, exige monitorização rigorosa para evitar contaminações (Koszel e Lorencowicz, 2015).

Apesar dos benefícios ambientais e económicos, o sucesso do biogás como solução energética e agrícola na Europa depende de políticas públicas que incentivem a instalação de infraestruturas e regulem o uso de subprodutos como fertilizantes. A legislação deve considerar a necessidade de monitorização da qualidade do digerido e a mitigação de potenciais riscos ambientais. Além disso, barreiras económicas e desafios na integração do biometano nas redes de gás natural devem ser superadas para que o biogás contribua de forma eficaz para o cumprimento das metas climáticas europeias (Scarlat *et al.*, 2018; Koszel e Lorencowicz, 2015).

O biogás representa uma solução estratégica para a transição energética, com potencial para reduzir as dependências de combustíveis fósseis, mitigar emissões de GEE e transformar resíduos em recursos valiosos. Ao mesmo tempo, a sua aplicação agrícola através do digerido promove a economia circular, mas requer regulamentação e estudos contínuos para garantir a sustentabilidade a longo prazo.

4 Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido com base numa pesquisa documental e análise de dados secundários, dada a impossibilidade de recolher uma amostra de dados primários que fosse estatisticamente representativa, através de questionários enviados a agricultores detentores de instalações agropecuárias na Região Centro (aviários, suiniculturas e boviniculturas), como inicialmente estava previsto.

A metodologia adotada centrou-se na recolha, sistematização e análise crítica de fontes relevantes, incluindo:

- **Documentos oficiais normativos**, fundamentais para compreender a legislação e diretrizes relativas à gestão de efluentes pecuários e práticas de fertilização agrícola – ENEAPAI 2030, Código de Boas Práticas Agrícola, Portaria n.º79/2022, Regulamentos e Diretivas;
- **Relatórios e manuais técnicos e científicos** publicados por instituições nacionais e europeias, como a Comissão Europeia, o INIAV e a DGADR, que forneceram dados sobre a produção e utilização de fertilizantes;
- **Artigos científicos** de bases de dados reconhecidas (ex.: ScienceDirect), que permitiram fundamentar a comparação entre fertilizantes orgânicos e sintéticos e avaliar os impactes ambientais e agronómicos da sua aplicação;
- **Projetos de investigação**, que disponibilizaram informação sobre a valorização de efluentes pecuários e a sua viabilidade como alternativa aos adubos químicos (ex.: GoEfluentes).

A análise das fontes descritas seguiu uma abordagem qualitativa e quantitativa, recorrendo à comparação de dados, estatísticas e recomendações técnicas. Para garantir a credibilidade e atualidade da informação, privilegiaram-se publicações recentes e provenientes de entidades reconhecidas no setor agropecuário.

Embora, inicialmente, se tenha planeado a recolha de dados primários através de um questionário dirigido a produtores pecuários, o número insuficiente de respostas inviabilizou essa abordagem. Como alternativa, optou-se por focar a investigação na revisão de literatura e análise de dados já publicados, permitindo a construção de um panorama detalhado sobre a gestão de efluentes pecuários. Desta forma, a metodologia adotada possibilitou uma avaliação abrangente do tema, consolidada por múltiplas fontes de referência, garantindo uma abordagem fundamentada e representativa da realidade do setor agropecuário em Portugal Continental.

Apesar de não ter logrado os resultados esperados por não se ter conseguido reunir a quantidade de respondentes estatisticamente representativos para as

diferentes categorias de efluentes, é apresentado no Anexo I o inquérito que foi elaborado para a recolha de informação qualitativa e quantitativa atualizada. Na secção que se segue são descritos os cálculos que foram realizados para se definir a dimensão mínima da amostra estatisticamente representativa para cada natureza de efluentes identificados como os mais relevantes em quantidade produzidos na região Centro: efluentes de bovinos de leite, bovinos de carne, suínos, frangos e de galinhas poedeiras.

4.1 Determinação da dimensão mínima das amostras para inquéritos com validade estatística

A fórmula utilizada para o cálculo do tamanho da amostra, apresentada abaixo, obteve-se através da plataforma digital SurveyMonkey, também dedicada à construção de inquéritos

$$\text{Tamanho da amostra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)} \quad (\text{Equação 1})$$

As componentes traduzem-se em:

- N – tamanho da população;
- p – Taxa de resposta;
- e – margem de erro;
- z – z-score.

O tamanho da população tido em conta no cálculo, diz respeito ao número total de explorações existentes na região centro de Portugal, à data de dezembro de 2021. A taxa de resposta ou desvio-padrão, refere-se à percentagem de respostas assertivas ao inquérito, ou seja, o número de respostas em conformidade com o tema. A margem de erro descreve a probabilidade de erro de uma medição. Quanto menor for o seu valor, maior a precisão das respostas (SurveyMonkey, 2024). A componente z-score mede o afastamento de desvios-padrão em torno da média. Este conceito ajuda na criação de intervalos de confiança a partir da média e do desvio-padrão. O seu valor é padronizado para um dado grau de confiança e pode encontrar-se através da Tabela Z, de distribuição normal padrão (Z-table, 2024).

Os dados utilizados referentes ao tamanho da população foram recolhidos na plataforma *online* da Direção-Geral de Alimentação Veterinária (DGAV, 2021) e apresentam-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Nº de explorações agrícolas da Região Centro (Fonte: DGAV, 2021)

	Nº Explorações Agrícolas na Região Centro (2021)
Bovinos de leite	1088
Bovinos de carne	5463
Suínos	1668
Frangos	824
Galinhas poedeiras	120

Para o cálculo da amostra foram considerados os seguintes valores:

- p: 97% (0,97);
- e: 10% (0,10);
- z-score: 1,96 para um grau de confiança de 95%.

O tipo de amostragem utilizado foi a amostragem aleatória estratificada, ou seja, com base numa característica específica (ex.: tipo de exploração), a seleção é feita de forma aleatória, dentro de cada estrato (SurveyMonkey, 2025).

O resultado do tamanho da amostra, por tipo de exploração é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tamanho da amostra por tipo de exploração

Tamanho da amostra	
Bovinos de leite	11
Bovinos de carne	11
Suínos	11
Frangos	11
Galinhas poedeiras	10
Total	55

5 Caracterização da Região Centro

5.1 Organização Administrativa

A Região Centro é constituída por 100 municípios, estando estes organizados em oito Comunidades Intermunicipais (CIM) (CCDR, 2025), constituindo o nível III da Nomenclatura de Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS), de acordo com a Lei n.º 75/2013, de 12 de setembro: Região de Aveiro, Região de Coimbra, Região de Leiria, Viseu Dão Lafões, Beiras e Serra da Estrela, Beira Baixa, Oeste e Médio Tejo (Figura 2).

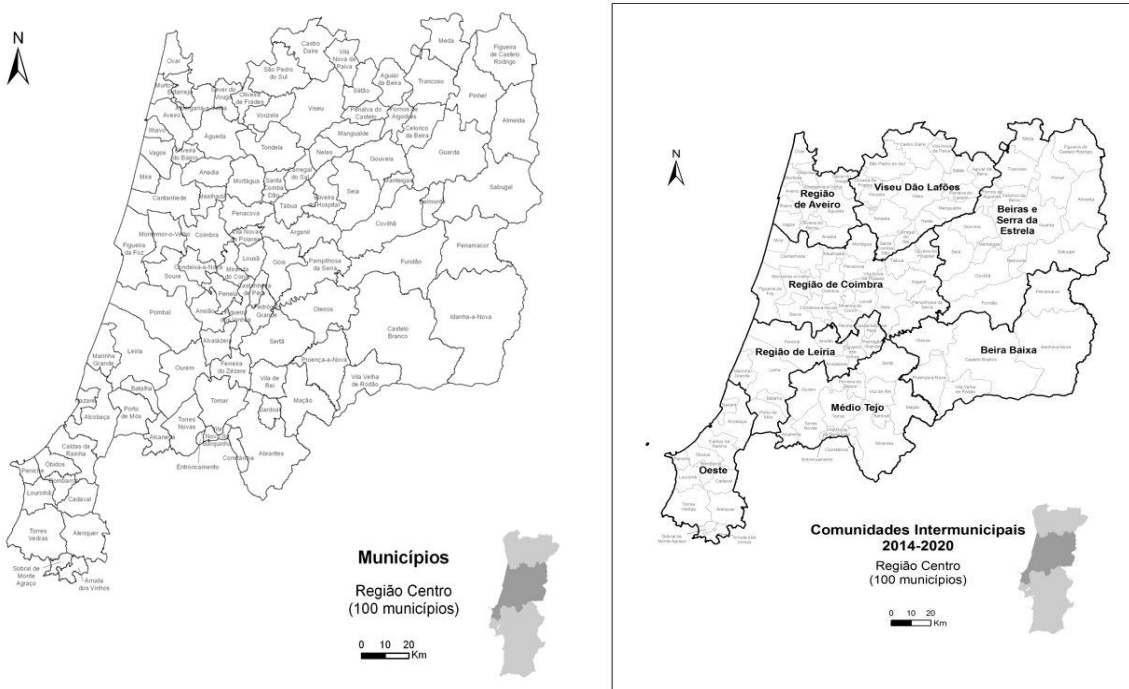


Figura 2 - 100 Municípios e CIM (Fonte: CCDR, 2024)

No âmbito de atuação da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro (CCDR), e em termos de área de intervenção, a Região Centro é constituída por 77 municípios (Figura 3).

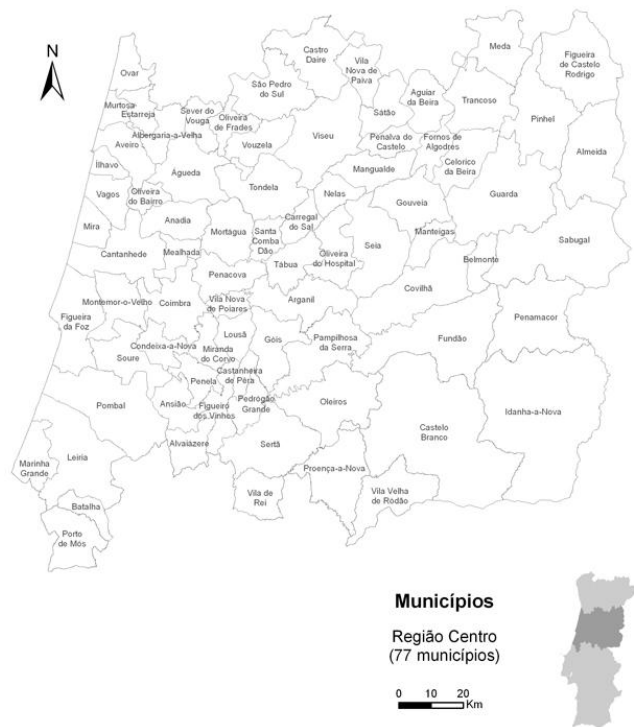


Figura 3 - Municípios da Região Centro no âmbito da CCDRC (Fonte: CCDRC, 2024)

5.2 Clima

O clima em Portugal Continental divide-se em: clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente (Csa) e clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente (Csb), uma classificação que se baseia nas temperaturas médias de cada região (Classificação de Köppen) (IPMA, 2025).

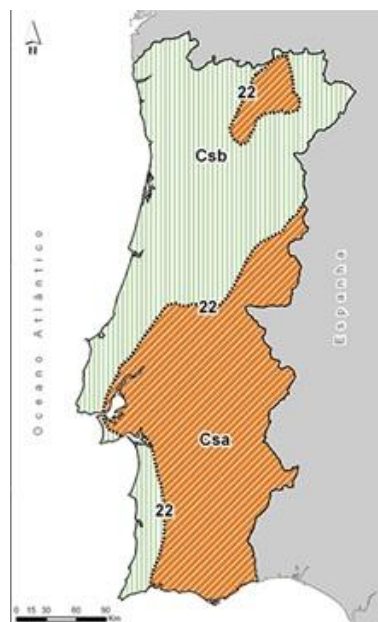


Figura 4 - Clima de Portugal Continental (Classificação de Köppen) (Fonte: IPMA, 2025)

Através de análise espacial, verifica-se que a temperatura média anual pode variar entre os 7°C nas terras altas do interior norte e centro e 18°C no litoral sul. A precipitação média anual tem valores mais altos no Minho e Douro Litoral e valores mais baixos no interior do Baixo Alentejo (IPMA, 2025).

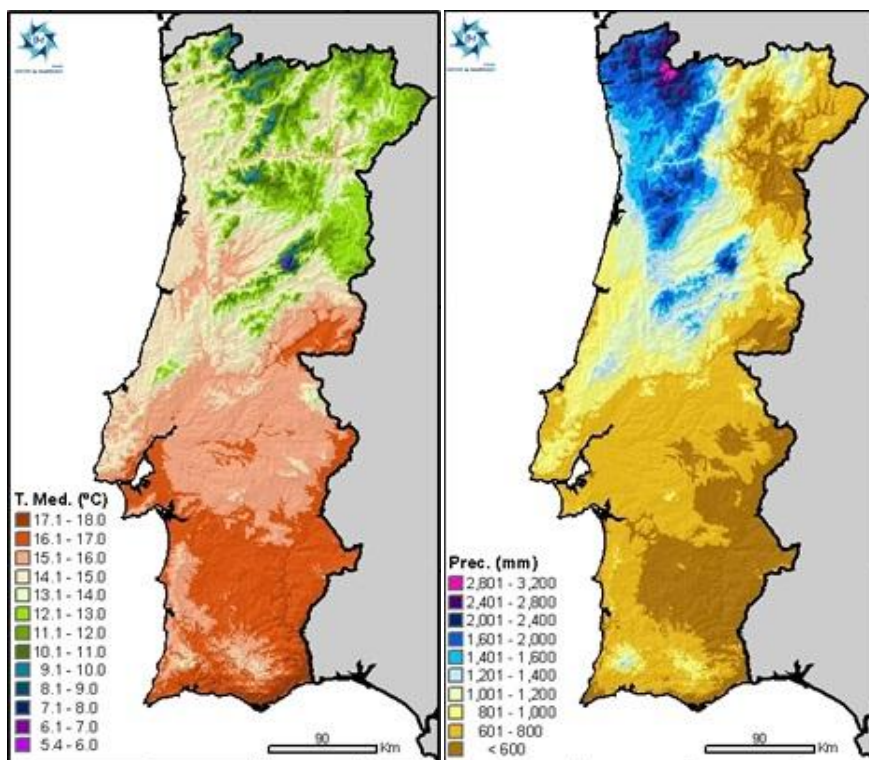


Figura 5 - Temperatura média anual e precipitação acumulada anual (Fonte: IPMA, 2025)

Segundos os dados mundiais, a Região Centro de Portugal apresenta um clima temperado, com variações sazonais marcadas. A temperatura média anual ronda os 16°C, sendo agosto o mês mais quente e janeiro o mês com a temperatura mínima mais baixa. A exposição solar também varia. Em média, o mês de julho é o mais ensolarado, com cerca de 12 horas de sol por dia, enquanto dezembro regista o menor número de horas de sol. A precipitação na região é irregular. Novembro é o mês mais chuvoso, registando aproximadamente 10 dias de precipitação e o maior valor acumulado de chuva. Mais uma vez, agosto é o mês que apresenta menor quantidade de precipitação, com apenas 0,3 mm/dia em média.

Outro fator importante para o bem-estar térmico é o índice de humidade, que reflete a sensação térmica com base na temperatura, humidade e ponto de orvalho. Com valores entre 20°C e 29°C, o clima é confortável; entre 30°C e 39°C, pode tornar-se desconfortável e acima de 40°C, o calor é extremo. Valores superiores a 45°C representam risco para a saúde, podendo levar à insolação (Dados Mundiais, 2025).

Assim, a Região Centro combina períodos de sol intensos com épocas chuvosas, resultando num clima equilibrado que influencia tanto a vida quotidiana como as atividades agrícolas e turísticas.

5.3 Solo

Os solos desempenham um papel fundamental nos ecossistemas terrestres, servindo de base para a produção agrícola, sustentação das florestas e regulação de diversos ciclos naturais. Os solos portugueses são diversos, mas predominam os pobres, pouco profundos e pedregosos (Figura 6), com pH ácido e baixa fertilidade, o que limita a produtividade vegetal (Florestas, 2022). Políticas de conservação do solo têm vindo a ser implementadas desde o século XIX, de forma a reduzir a erosão e proteger os recursos hídricos, contudo, apenas nas décadas seguintes a *Pedologia* foi consolidada como ciência no país (Florestas, 2022).

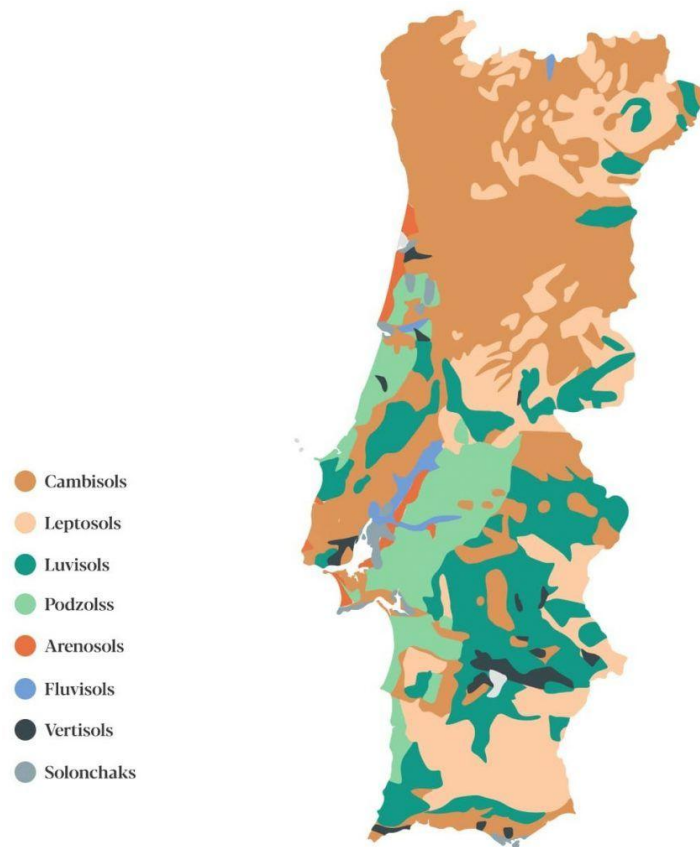


Figura 6 - Mapa de Solos (Fonte: Florestas, 2022)

Quadro 10 - Tipos e características do solo (Fonte: Florestas, 2022)

Tipo de solo	Características	Localização
Arenossolos (Regossolos psamíticos)	- Pouco desenvolvidos - Origem em sedimentos arenosos não consolidados - Textura grosseira - pouca capacidade de retenção de água - pobres em matéria orgânica e pouco férteis	- Vale do Tejo e do Sado - Colares (perto de Sintra) - Figueira da Foz e Espinho (faixas costeiras)
Cambissolos (Solos calcários)	- Pouco desenvolvidos - Textura franco-arenosa ou fina - Horizonte A rico em matéria orgânica	- Um pouco por todo o país - Alto Douro - Beira Alta, - Estremadura - Alto Alentejo
Fluvisolos (Aluvisolos e Coluvisolos)	- Comuns em áreas alagadas - Origem a partir de material transportado pela água e depositado nas margens e vales dos rios	- Tejo - Mondego
Leptossolos (Litossolos)	- Delgados - Não têm estrutura - Pouco profundos - Baixo teor em matéria orgânica	- Trás-os-Montes - Beira Baixa - Baixo Alentejo - Serra Algarvia
Luvissolos (Solos argiluvitados)	- Férteis - Estrutura desenvolvida	- Alentejo - Beira Litoral - Algarve
Podzois (Solos podzolizados)	- Evoluídos - Textura grosseira - Ácidos e pouco férteis - Mobilizáveis e produtivos quando fertilizados	- Leiria - Caldas da Rainha - Ribatejo - Orla costeira alentejana
Solonchaks (Solos salinos)	- Elevada salinidade	- Ria Formosa - Estuários do Tejo, Guadiana, Sado, Mondego e Vouga
Vertissolos (Barros)	- Argilosos, não ricos em matéria orgânica - Difíceis de cultivar e suscetíveis à degradação física e erosão - Necessidade de gestão com práticas que levem à sua conservação.	- Beja - Lisboa - Açores

Atualmente, a gestão inadequada do solo continua a ser um desafio, com práticas agrícolas intensivas a acelerar a degradação. A conversão de ecossistemas naturais em terras agrícolas levou à perda de 20% a 59% do carbono orgânico do solo, contribuindo para 13% das emissões globais de CO₂ (Agroportal, 2024). Além disso, a erosão e desertificação afetam gravemente o território, com 58% de Portugal em risco de desertificação (Lusa, 2022).

A matéria orgânica é essencial para a fertilidade do solo, influenciando a retenção de água, a disponibilidade de nutrientes e a estrutura do solo. No entanto, Portugal apresenta uma média de apenas 1,8% de matéria orgânica nos solos, com vastas áreas abaixo de 1%, um valor insuficiente para garantir a produtividade agrícola e florestal sustentável (Carvalho, 2022). Para melhorar a qualidade e a resiliência dos solos, são recomendadas práticas de gestão sustentável, tais como:

- **Aumento da matéria orgânica** – incorporação de resíduos vegetais e estrumes;
- **Redução da mobilização do solo** – adoção de sementeira direta e menor revolvimento da camada fértil;
- **Manutenção do coberto vegetal** – para reduzir a erosão e melhorar a retenção de água;
- **Correção do pH** – uso de calagem para equilibrar a acidez do solo.

Estudos em Portugal mostram que estas práticas aumentam significativamente o carbono orgânico do solo e melhoram a sustentabilidade da agricultura. No sul do país, a sementeira direta com manutenção de restolhos promoveu um aumento notável do carbono orgânico em apenas 11 anos (Agroportal, 2024). No nordeste, soutos com mobilização mínima do solo registaram melhorias na fertilidade ao longo de 17 anos (Agroportal, 2024).

Além da agricultura, os solos desempenham um papel fundamental na regulação do clima, armazenando três vezes mais carbono do que a vegetação terrestre (Agroportal, 2024). No entanto, práticas inadequadas como o excesso de mobilização dos solos, podem transformar os solos em emissores de gases com efeito de estufa, como o CO₂, CH₄ e N₂O agravando as alterações climáticas.

A gestão sustentável dos solos é essencial para a produtividade agrícola, conservação dos recursos hídricos e mitigação das alterações climáticas. Especialistas alertam que sem solos saudáveis, será cada vez mais difícil garantir produção alimentar e resiliência dos ecossistemas. Deste modo, investir na proteção e regeneração dos solos não é apenas uma questão agronómica (Syngenta, 2018), mas também uma prioridade ambiental e climática, fundamental para a sustentabilidade futura de Portugal.

5.4 Agropecuária

Dado que o aumento da matéria orgânica através da incorporação de resíduos vegetais, estrumes e chorumes é uma das práticas de gestão sustentável sugeridas para o melhoramento da qualidade e da gestão dos solos, é importante haver a noção do efetivo pecuário em Portugal. A ENEAPAI 2030 fornece dados relativos ao efetivo bovino e suíno em diferentes tipos de produção, no ano de 2019.

Tabela 4 - Efetivo bovino e suíno em Portugal Continental no ano de 2019 (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Efetivo bovino			Efetivo suíno		
	CN	m ³		CN	m ³
Regime intensivo (Produção de leite)	244 954	4 098 630	Regime intensivo	267 639	3 486 480
Regime extensivo (Produção de carne)	849 974	12 041 758	Regime extensivo	28079	358 701
Total	1 094 928	16 140 388	Total	295 718	3 845 181

As regiões identificadas com o maior efetivo bovino são o Alentejo (59%) e Norte (21%), sendo que o Centro possui cerca de 13% desse efeito. Em relação ao efetivo suíno, o Alentejo continua a ser a região com maior efetivo (46%), seguido da região Centro (40%) (Soares *et al.*, 2022).

Através destes dados, verifica-se que a bovinicultura produz cerca de 16 140 388 m³ de efluente pecuário por ano, dos quais 4 098 630 m³ em regime intensivo e 12 041 758 m³ em regime extensivo, enquanto a suinicultura produz 3 845 181 m³ de efluente – 3 486 480 m³ em regime intensivo e 358 701 m³ em regime extensivo. Estes valores, considerando a fertilização agrícola e florestal, são bons indicadores (Soares *et al.*, 2022). No entanto, é importante perceber qual a produção de azoto (N) e fósforo (P) e o balanço entre produção e consumo desses nutrientes.

Em 2019, a produção global de N animal foi de 66 963 toneladas e de P foi de 53 269 toneladas. As Tabelas seguintes (da 5 à 8), apresentam os concelhos com maior contribuição na produção de azoto e fósforo.

Tabela 5 - Concelhos com maior produção de azoto (N) (s/ regime extensivo) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Concelho	Bovinos (kg/ano)	Suínos (kg/ano)	Total (kg/ano)
Barcelos	1 426 281	63	1 426 344
Leiria	62 137	1 296 461	1 358 598
Vila do Conde	1 290 972	13 455	1 304 427
Alcobaça	39 912	1 210 051	1 249 963
Rio Maior	43 853	989 534	1 033 387
Montemor-o-Novo	130 219	744 640	874 859
Palmela	406 695	378 007	784 702
Montijo	71 003	540 993	611 996
Póvoa de Varzim	584 718	23 065	607 783
Santiago do Cacém	53 687	387 709	441 396

Tabela 6 - Concelhos com maior produção de azoto (N) (c/ todos os regimes) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Concelho	Bovinos (kg/ano)	Suínos (kg/ano)	Total (kg/ano)
Montemor-o-Novo	1 899 365	791 954	2 691 319
Évora	1 863 616	113 761	1 977 377
Barcelos	1 614 165	63	1 614 228
Leiria	121 755	1 309 266	1 431 021
Alcobaça	183 759	1 216 600	1 400 359
Palmela	983 188	378 007	1 361 195
Vila do Conde	1 320 041	13 455	1 333 496
Rio Maior	124 596	990 081	1 114 677
Arraiolos	885 980	206 903	1 092 883
Santiago do Cacém	558 074	411 923	969 997

Tabela 7 - Concelhos com maior produção de fósforo (P) (s/ regime extensivo) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Concelho	Bovinos (kg/ano)	Suínos (kg/ano)	Total (kg/ano)
Leiria	43 655	1 406 111	1 449 766
Alcobaça	28 289	1 307 849	1 336 138
Rio Maior	30 750	1 066 713	1 097 463
Barcelos	1 002 536	68	1 002 604
Vila do Conde	907 868	14 361	922 229
Montemor-o-Novo	91 309	804 239	895 548
Palmela	283 378	407 846	691 224
Montijo	49 897	584 088	633 985
Santarém	112 348	420 900	533 248
Santiago do Cacém	38 888	420 053	458 941

Tabela 8 - Concelhos com maior produção de fósforo (P) (c/ todos os regimes) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Concelho	Bovinos (kg/ano)	Suínos (kg/ano)	Total (kg/ano)
Montemor-o-Novo	1 324 433	855 243	2 179 676
Leiria	84 698	1 420 114	1 504 812
Alcobaça	125 388	1 314 841	1 440 229
Évora	1 302 846	122 996	1 425 842
Rio Maior	85 494	1 067 292	1 152 786
Barcelos	1 131 592	68	1 131 660
Palmela	680 764	407 846	1 088 610
Vila do Conde	928 530	14 361	942 891
Arraiolos	618 740	222 759	841 499
Santiago do Cacém	391 723	446 464	838 187

Dado que o foco da caracterização é a região Centro, verifica-se que, desta região, Leiria é o concelho com maior quantidade de produção de N e P, com um total de 1 431 021 kg/ano de azoto e 1 504 812 kg/ano de fósforo. Após esta análise, é necessário verificar o balanço entre produção e consumo, de forma a tirar conclusões sobre a capacidade do solo de absorver a quantidade total de nutrientes produzidos pelos efluentes e verificar se existe excedente de produção de efluentes.

É importante referir que o balanço calculado (Tabelas 9 a 12) inclui a produção de EP por ovinos e caprinos (não incluídos nos quadros anteriores) e que se considera que 50% das necessidades das culturas agroflorestais são supridas.

Tabela 9 - Maior quantidade de azoto (N) e origem pecuária anual em excesso (s/ regime extensivo) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Concelho	Excesso de N (m³)	Excesso de N (m³/ha)	Excesso de N (kg)	Excesso de N (kg/ha)
Póvoa de Varzim	171094	45,18	446794	117,97
Vila do Conde	341340	34,95	885007	90,61
Alcobaça	350347	15,35	1175102	51,5
Rio Maior	273455	14,92	925765	50,51
Setúbal	109986	15,72	318503	45,52
Leiria	365253	10,42	1201394	34,27
Barcelos	287320	11,39	744792	29,53
Vila Nova de Famalicão	111630	10,84	300796	29,22
Torres Vedras	115420	5,88	389572	19,86
Montemor-o-Novo	246342	1,94	830389	6,54

Tabela 10 - Maior quantidade de azoto (N) de origem pecuária anual em excesso (c/ todos os regimes) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Concelho	Excesso de N (m³)	Excesso de N (m³/ha)	Excesso de N (kg)	Excesso de N (kg/ha)
Vila do Conde	352665	36,11	914076	93,59
Sines	365400	22,14	1010579	61,23
Alcobaça	406748	17,82	1325498	58,09
Rio Maior	303871	16,58	1007055	54,94
Barcelos	360043	14,27	932675	36,98
Leiria	391657	11,17	1273818	36,34
Montemor-o-Novo	928915	7,31	2646849	20,84
Arraiolos	385151	5,66	1094070	16,09
Évora	576478	4,55	1574054	12,44
Santiago do Cacém	238549	2,2	714010	6,58

Tabela 11 - Maior quantidade de fósforo (P) de origem pecuária anual em excesso (s/ regime extensivo) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Concelho	Excesso de P (m ³)	Excesso de P (m ³ /ha)	Excesso de P (kg)	Excesso de P (kg/ha)
Póvoa de Varzim	199012	52,55	373739	98,68
Vila do Conde	411364	42,12	754372	77,24
Rio Maior	291937	15,93	1042631	56,88
Alcobaça	363754	15,94	1297482	56,86
Leiria	390657	11,14	1364791	38,93
Barcelos	399469	15,84	728946	28,9
Vila Nova de Famalicão	129957	12,63	268557	26,09
Torres Vedras	123399	6,29	421878	21,51
Montijo	93038	2,94	314878	9,96
Palmela	114873	3,27	302832	8,62

Tabela 12 - Maior quantidade de fósforo (P) de origem pecuária anual em excesso (c/ todos os regimes) (Fonte: ENEAPAI 2030 (2022))

Concelhos	Excesso de P (m ³)	Excesso de P (m ³ /ha)	Excesso de P (kg)	Excesso de P (kg/ha)
Vila do Conde	422722	43,28	775034	79,35
Setúbal	241833	34,56	469403	67,08
Alcobaça	419861	18,4	1401573	61,42
Rio Maior	322153	17,58	1097955	59,9
Leiria	416900	11,89	1419837	40,51
Sines	301236	18,25	581060	35,21
Barcelos	471831	18,71	858002	34,02
Torres Vedras	173164	8,83	517060	26,36
Palmela	308629	8,78	700218	19,93
Montijo	124617	3,94	387905	12,27

Através das tabelas, verifica-se um excesso tanto de azoto como de fósforo, significando assim que, mesmo depois de satisfazer as estimadas 50% necessidades agroflorestais, resta ainda uma grande quantidade de nutrientes, prontos a serem utilizados. Significa, portanto, que há uma quantidade excedente relevante de efluentes pecuários produzidos e que necessitam de valorização.

No ano de 2022 e segundo o projeto GoEfluentes, a produção de estrume e chorume por região administrativa, era a seguinte:

- Beira Litoral: 13% estrume; 17% chorume;
- Beira Interior: 10% estrume; 1% chorume.

Para o território de Portugal, correspondeu a 15% da produção total de efluentes pecuários na Beira Litoral e a 6% na Beira Interior. Na Tabela 13 são apresentados o valor total de produção de efluentes pecuários, de acordo com a superfície agrícola utilizada (SAU), o número de cabeças normais (CN) e o efluente, apresentando também a razão entre eles.

Tabela 13 - Produção de EP (estrume e chorume) por região administrativa (Fonte: GoEfluentes, 2022)

Região	SAU (ha)	Cabeça Normal (CN)	Efluente (m ³)	CN/SAU	Efluente/CN	Efluente/SAU
Beira litoral	129848	352599	2280784	2,7	6,5	17,6
Beira interior	391754	98589	909199	0,3	9,2	2,3

Em seguida (Tabela 14), apresentam-se os municípios com o valor máximo e mínimo de produção por categoria.

Tabela 14 - Municípios com maior e menos produção de EP (Fonte: GoEfluentes, 2022)

	SAU (ha)	CN	Efluente (m ³)	CN/SAU	Efluente/CN	Efluente/SAU
Máximo	Idanha-a-Nova	Leiria	Leiria	Oliveira de Frades	Murtosa	Leiria
Mínimo	Góis	Castanheira de Pêra	Castanheira de Pêra	Manteigas	Vouzela	Manteigas

Além disso, pode-se observar na Figura 7 o consumo de fertilizantes minerais sintéticos (FMS) utilizados na agricultura.

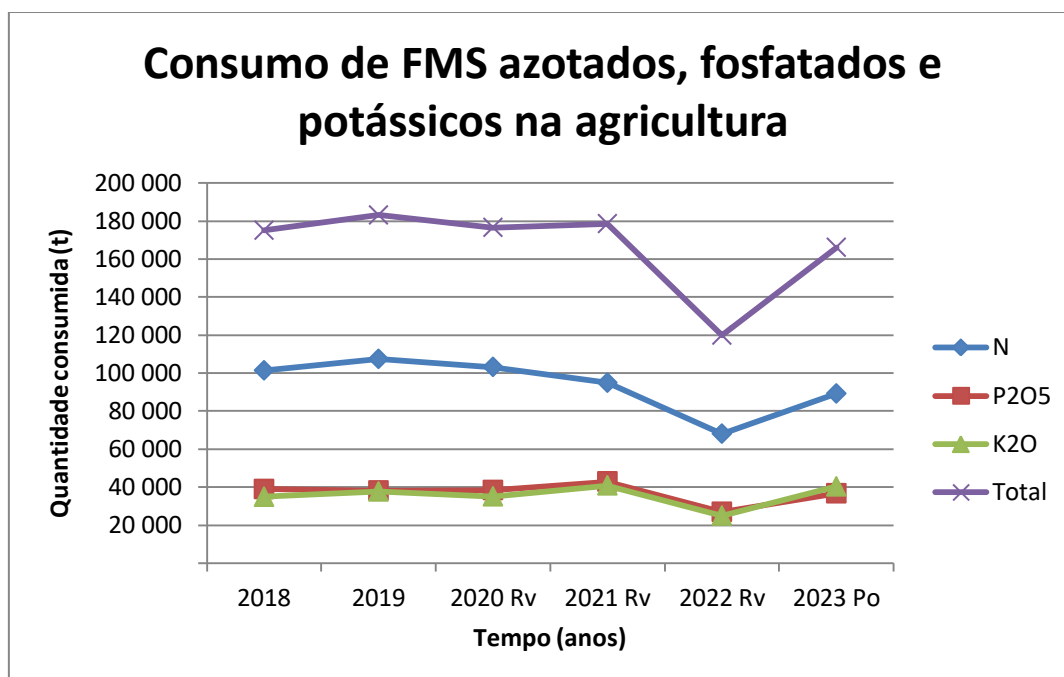


Figura 7 - Consumo de fertilizantes minerais azotados, fosfatados e potássicos na agricultura (Fonte: INE, 2023)

A Figura 7 mostra o consumo de fertilizantes minerais sintéticos na agricultura ao longo dos anos (Rv – valor revisto; Po – Valor provisório). Em geral, o consumo total de FMS manteve-se estável entre 2018 e 2021, registrando uma queda abrupta em 2022, seguida de uma recuperação em 2023. A tendência ocorre para todos os tipos de fertilizante (azotados – N; fosfatados – P_2O_5 ; potássicos – K_2O), e este comportamento pode estar relacionado com a crise global de fertilizantes, agravada pelo aumento dos preços (INE, 2023) e pela instabilidade no mercado. A recuperação em 2023 sugere um ajustamento do mercado e possivelmente o regresso a níveis de consumo mais habituais, embora ainda abaixo dos valores anteriores a 2022. Esta informação reforça a necessidade de novas estratégias agrícolas, de modo a reduzir a dependência destes fertilizantes e evitar as consequências de instabilidades e crises de mercado.

5.4.1 Resultados dos inquéritos

Ainda que tratando-se de amostras muito reduzidas e apenas para algumas das tipologias de efluentes pecuários elencados, são apresentados os resultados obtidos com os inquéritos respondidos pelos poucos produtores que se demonstraram recetivos a colaborar no estudo.

No total, foram recolhidas oito respostas de produtores de diferentes municípios da Região Centro. O município com maior número de respostas foi o município de Leiria.

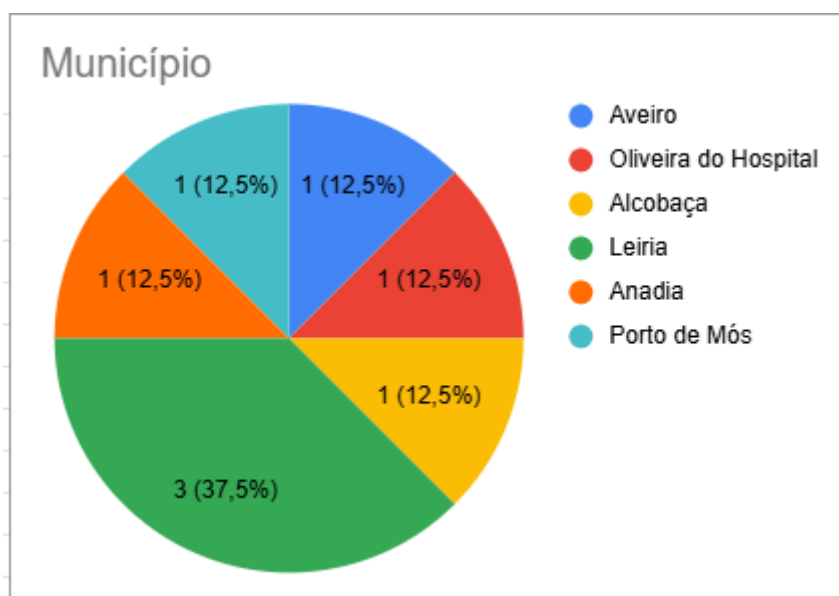


Figura 8 - Origem dos inquiridos por município

A pergunta seguinte procurou identificar a tipologia de produção pecuária dos inquiridos. Os resultados obtidos encontram-se representados na Figura 9.



Figura 9 - Tipologia de produção pecuária

Das respostas válidas, 6 correspondem a suiniculturas, 2 a boviniculturas e 2 a outras tipologias (perus e caprinos), sendo que dois dos produtores indicaram duas tipologias diferentes de produção pecuária, com um deles a produzir peru biológico e caprinos de leite e carne e outro a produzir bovinos de carne e suínos leitões. A maioria dos produtores inquiridos pertence ao setor dos

suínos, o que poderá refletir a predominância deste tipo de produção na região estudada, com maior impacto ambiental associado ao tipo de efluente produzido, motivando o interesse na participação.

Em relação ao número total de cabeças normais produzidas por ano, os resultados foram divididos por tipologia:

- Suínos: valor médio anual de 3479,925 CN, com um máximo de 14000 e um mínimo de 4;
- Bovinos: valor médio anual de 325 CN, com um máximo de 400 e um mínimo de 250;
- Aves: valor anual de 1500 CN (única resposta);
- Caprinos: valor anual de 150 CN (única resposta).

Verifica-se uma elevada variabilidade no número de cabeças normais, particularmente nas explorações suinícolas, o que poderá refletir diferentes escalas de produção. Este fator tem impacto direto na quantidade de efluente produzidos e, conseqüentemente, nas necessidades de gestão.

De forma a compreender melhor as características da produção, questionou-se também sobre o tipo de efluente gerado nas explorações. Os resultados estão apresentados na Figura 10.

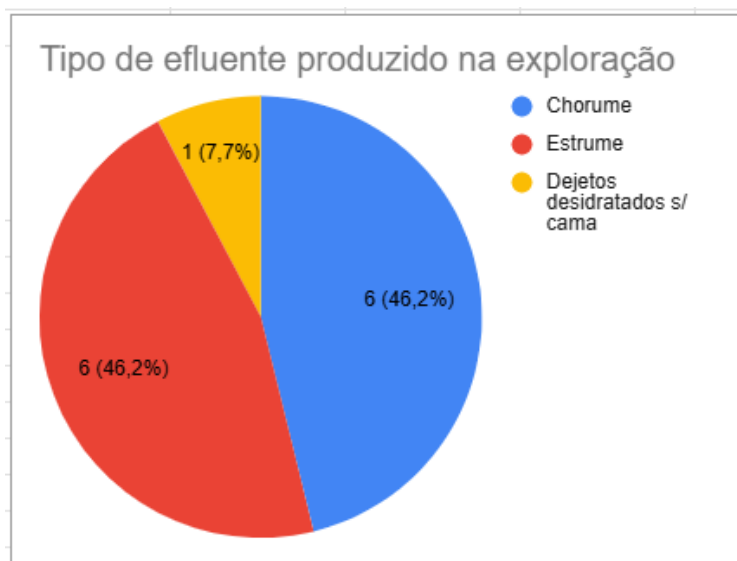


Figura 10 - Tipo de efluente produzido na exploração

A figura mostra que há igual produção de chorume e estrume e apenas uma exploração com produção de dejetos desidratados sem cama, por se tratar de um produtor de peru biológico e caprinos de carne e leite. Contudo, alguns produtores reportaram mais do que um tipo de efluente (ex.: chorume e estrume ou estrume e dejetos desidratados), o que está associado à diversidade de espécies animais ou a diferentes sistemas de produção, dentro

da mesma exploração (ex.: dois dos produtores de suínos de ciclo completo indicaram produção de estrume chorume, um produtor de bovinos de leite indicou produção de estrume e chorume e o produtor de bovinos de carne e suínos leitões também referiu a produção de estrume e chorume). Estes dados são relevantes para a escolha de métodos de armazenamento, transporte e valorização, já que cada tipo de efluente apresenta características físicas e químicas distintas que influenciam a sua gestão e aplicação agrícola.

Relativamente ao volume médio mensal de chorume produzido nas explorações inquiridas, foram obtidas 6 respostas válidas. Os valores registados variaram entre 16m³ (produtor de bovinos de carne e suínos leitões) e 1400m³ (produtor de suínos de ciclo completo), por mês, com uma média de 570,5m³/mês.

No que diz respeito à quantidade média mensal de estrume, o número de respostas foi de 6, tendo os produtores dado valores entre 0,02 (suínos de reprodução) e 60 toneladas (bovinos de carne e suínos leitões), com um valor médio de 22,71 toneladas/mês.

Quanto aos dejetos desidratados sem cama, apenas o produtor de peru biológico e caprinos de carne e leite indicou produzir este tipo de efluente, com um valor de 0,15 toneladas/mês. Estes valores são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Quantidades médias mensais dos efluentes produzidos

Tipo de efluente	Média	Mínimo	Máximo
Chorume (m³)	570,5	16	1400
Estrume (ton)	22,712	0,02	60
Dejetos desidratados s/cama (ton)	-	-	0,15

A gestão adequada dos efluentes pecuários depende fortemente da existência de estruturas apropriadas para o seu armazenamento. Assim, questionou-se os produtores sobre o tipo de estruturas existente nas suas explorações.

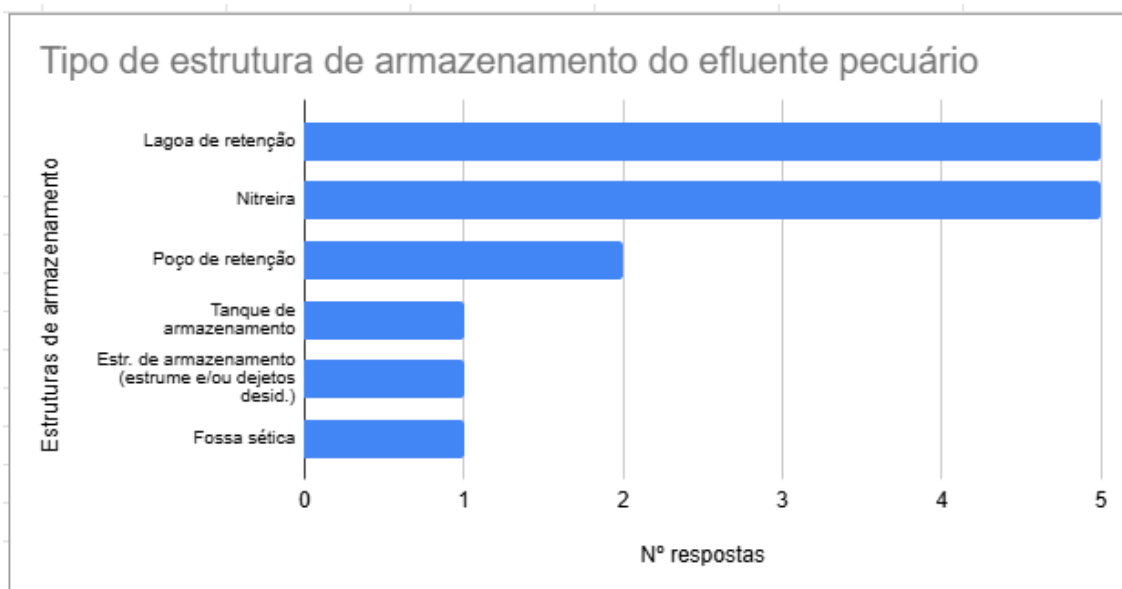


Figura 11 - Estruturas de armazenamento de efluente pecuário

Os resultados apresentados na Figura 11, mostram que o tipo de estrutura mais comum é a lagoa de retenção e nitreira para armazenamento de estrume e chorume produzido nas suiniculturas e boviniculturas, enquanto os restantes referiram estruturas como poço de retenção, fossa séptica e estruturas de armazenamento de estrume e/ou dejetos desidratados. Em todos os casos, os inquiridos indicaram possuir um ou vários tipos de estruturas específicas de armazenamento, o que pode representar o interesse em combater a contaminação ambiental e o risco de perdas de nutrientes.

Os dados fornecidos pelos produtores, relativos à capacidade e ao tempo de armazenamento dos efluentes pecuários foram organizados na Tabela 16. Como algumas respostas estavam expressas em dias/toneladas, procedeu-se à conversão para meses (admitindo 30,4 dias por mês), e para metros cúbicos, assumidos uma densidade média de estrume fresco sólido de $0,70 \text{ t.m}^{-3}$ (Borges, Dias e Salgueiro, 2022).

Tabela 16 - Capacidade e tempo de armazenamento de cada estrutura

Produtor	Estrutura	Capacidade de armazenamento (m³)	Tempo de armazenamento (meses)
1	Lagoa de retenção	4000000	3
2	Nitreira	9	6
3	Nitreira	90	4,47
	Poço de retenção	19,6	0,07
	Lagoa de retenção	765	13,73
4	Nitreira	391,5	7,15
	Lagoa de retenção	5479,83	180,02
	Tanque de armazenamento	135	0,13
5	Nitreira	115	4,73
	Poço de retenção	418	1,41
	Lagoa de retenção	1391,33	4,70
6	Lagoa de retenção	6000	4
7	Estrutura de armazenamento de estrume e/ou dejetos desidratados	5	4
8	Nitreira	471,43	4
	Fossa séptica	327	3

Os resultados mostram uma grande variação na capacidade das estruturas, desde sistemas muito pequenos (5 m³ no produtor 7, de suínos de reprodução, que indicou apenas 4 cabeças normais totais por ano), até sistemas extremamente dimensionados (4 000 000 m³ no produtor 1 de bovinos de leite com 400 cabeças normais totais por ano), o que indica diferentes escalas de produção. Quanto ao tempo de armazenamento, verifica-se igualmente grande diversidade, com valores a variar entre cerca de 2 dias (0,07 meses) e 15 anos (180 meses), este último possivelmente relacionado com erro de interpretação ou lapso de resposta.

De notar que nenhuma das explorações se encontra inserida nas Zonas Vulneráveis (ZV) à poluição por nitratos de origem agrícola, pelo que, segundo o Manual de Gestão de Efluentes Pecuários da DGADR o tempo mínimo de retenção exigido para explorações fora de ZV corresponde a 90 dias (3 meses).

Com base nesse critério, todas as estruturas apresentadas cumprem o tempo mínimo exigido por lei, com exceção de uma exploração cujo tempo reportado é de apenas 0,07 meses.

Em relação à separação da fração líquida e sólida dos efluentes pecuários, os resultados estão apresentados na Figura 12.

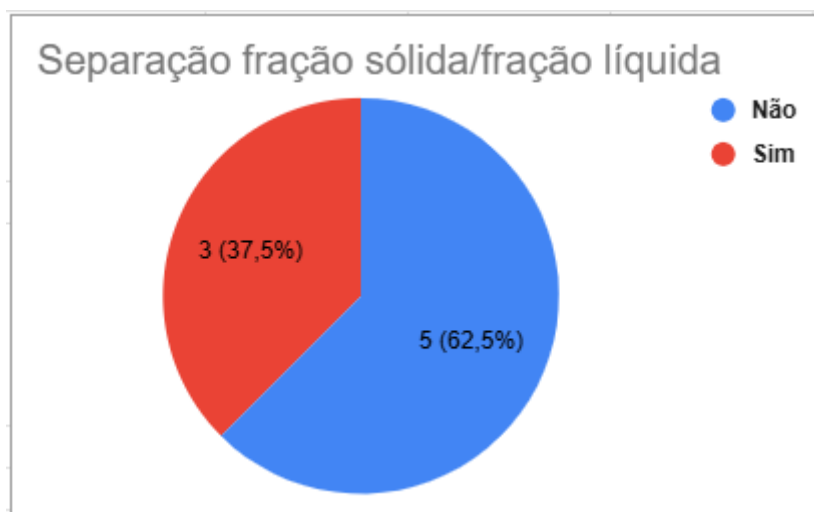


Figura 12 - Separação da fração sólida e da fração líquida

A maioria dos produtores inquiridos indicou não realizar esta separação. Apenas três dos oito produtores afirmaram fazê-lo, sendo produtores de suínos de ciclo completo.

Esta prática pode estar relacionada com a falta de equipamento adequado, os custos associados à tecnologia de separação ou até à ausência de conhecimento técnico sobre os benefícios agronômicos e ambientais dessa distinção. A separação permite uma gestão mais eficiente dos nutrientes, já que a fração líquida é mais rica em azoto amoniacal, de absorção rápida, enquanto a sólida contém mais matéria orgânica e fósforo, com liberação mais lenta (Nunes *et al.*, 2022).

Seguidamente, inquiriu-se os produtores sobre os equipamentos que possuíam para fazer esta separação. Todos os produtores que responderam afirmativamente disseram usar o tamisador.

A Figura 13 apresenta os métodos de encaminhamento e/ou valorização dos efluentes pecuários. Verifica-se uma diversidade de estratégias utilizadas pelos inquiridos.

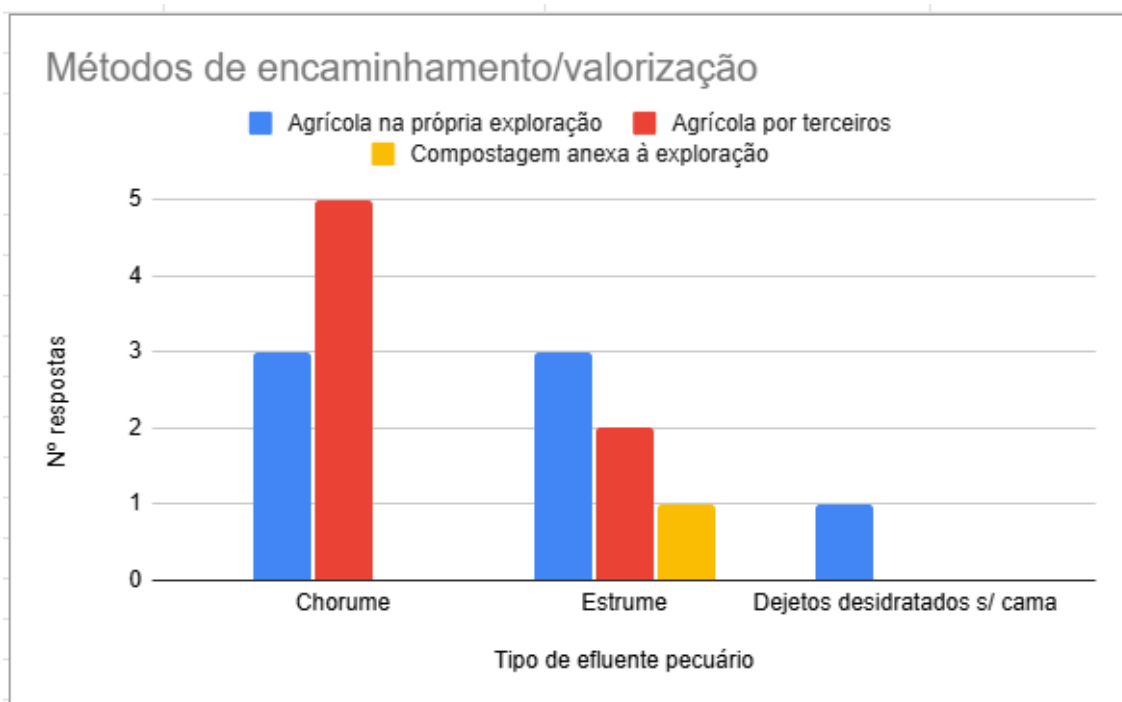


Figura 13 - Métodos de encaminhamento/valorização dos efluentes pecuários

No caso do chorume, a maioria dos produtores opta por encaminhá-lo para utilização agrícola feita por terceiros, enquanto os restantes indicam a aplicação direta na própria exploração. Relativamente ao estrume, a utilização na própria exploração é o destino mais referido, seguindo-se da valorização por terceiros e da compostagem realizada na própria exploração. Em relação aos dejetos desidratados, apenas um produtor indicou utilizá-los na própria exploração, sendo que nenhum inquirido apontou outras formas de valorização para este tipo de efluente.

Este panorama revela uma maior dependência de terceiros no encaminhamento do chorume, possivelmente devido a exigências logísticas associadas ao seu transporte e aplicação, ao passo que o estrume é mais frequentemente valorizado internamente. A compostagem, apesar de reconhecida como uma solução sustentável, tem baixa expressão entre os inquiridos, o que poderá estar associado à falta de infraestruturas adequadas.

Com base nas respostas obtidas, procedeu-se à soma das quantidades médias anuais indicadas por tipo de efluente e método de valorização, apesentado na Tabela 17.

Tabela 17 - Soma da quantidade média anual de efluente por tipo de valorização

	Quantidade média anual encaminhada por método de valorização		
	Agrícola na própria exploração	Agrícola por terceiros	Compostagem anexa à exploração
Chorume (m3)	111	23511	-
Estrume (ton)	40,5	2374,5	4
Dejetos desidratados s/ cama (ton)	2	-	-

Os resultados mostram que:

- Chorume: o total encaminhado foi de aproximadamente 23 622 m³ por ano, com valores a variar entre os 36 m³ aplicados na própria exploração e os 16368 m³ de valorização agrícola por terceiros;
- Estrume: teve um total encaminhado de 2419 toneladas com o valor mínimo de 4 toneladas utilizadas na compostagem e máximo de 1770 toneladas valorizadas por terceiros;
- Dejetos desidratados s/ cama: o total foi de 2 toneladas, valorizadas na própria exploração.

Os valores indicam uma grande variação na escala de produção e gestão dos efluentes entre os produtores, evidenciando explorações de maior dimensão com elevada produção de efluentes e explorações de pequena escala com volumes muito reduzidos.

A questão seguinte foi sobre os métodos de aplicação dos efluentes utilizados nas suas explorações. As respostas da Figura 14 permitiram perceber as práticas predominantes quanto à forma como os efluentes são incorporados no solo

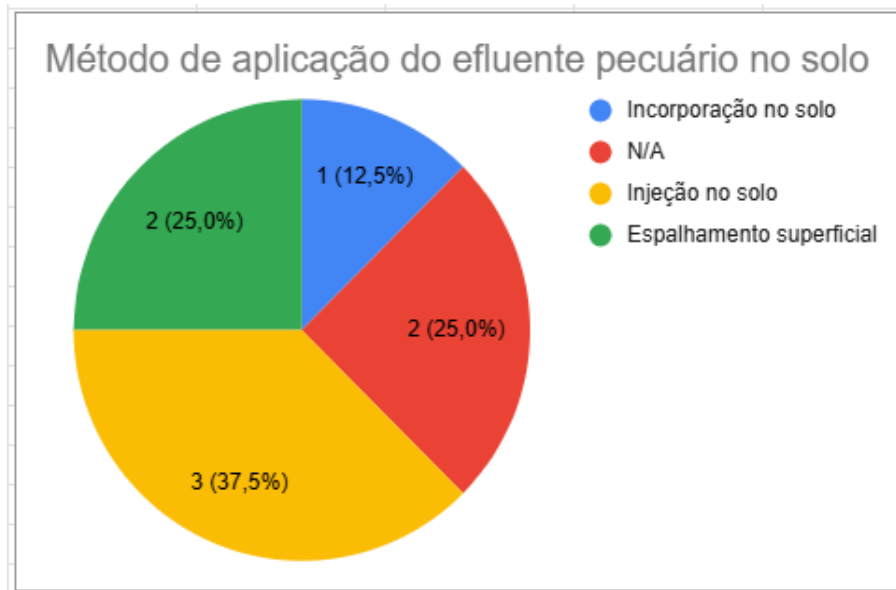


Figura 14 - Método de aplicação do efluente no solo

A partir do gráfico observa-se que o método mais referido foi a injeção no solo, seguido pelo espalhamento superficial e pela incorporação no solo. Dois dos inquiridos responderam ainda que aplicar o efluente no solo não se aplicava às suas explorações. A escolha do método de aplicação tem implicações diretas na eficiência da fertilização e na proteção do ambiente. Métodos que promovem a incorporação rápida no solo (injeção e incorporação no solo), tendem a reduzir perdas de azoto por volatilização e minimizam o impacte ambiental, sendo recomendados em zonas vulneráveis ou com restrições específicas (Borges, Dias e Salgueiro, 2022).

Tendo em conta o método de aplicação do efluente no solo, a Figura 15 mostra a área de aplicação, em hectares.

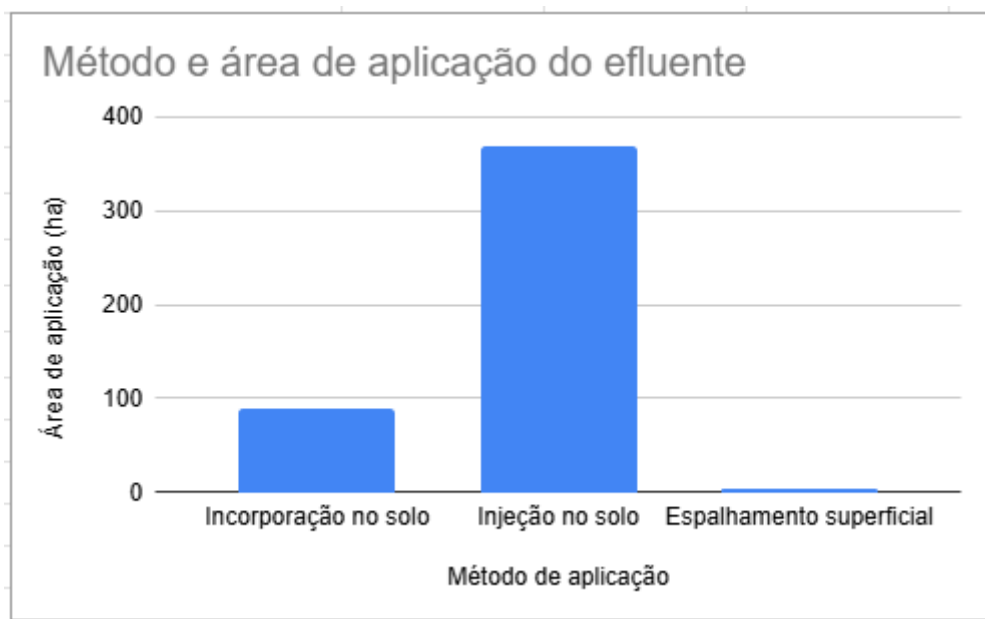


Figura 15 - Método e área de aplicação do efluente pecuário

O método, praticado em maior área, é a injeção no solo, com um total de 369 hectares, refletindo uma opção mais eficiente e ambientalmente favorável, dado que permite uma incorporação direta dos nutrientes. A incorporação no solo, embora eficaz, foi usada numa área menor, em cerca de 90 hectares. Por outro lado, o espalhamento superficial, considerado o método menos eficiente, foi utilizado numa área total de 5 hectares. Estes dados sugerem uma tendência dos produtores inquiridos para adotarem métodos de aplicação mais sustentáveis.

Em seguida, as Figuras 16 e 17 mostram a quantidade de efluente pecuário aplicado anualmente por tipo de cultura.

A Figura 16 mostra que o chorume é maioritariamente aplicado em culturas de milho e azevém, conhecidas pelo seu elevado consumo de nutrientes. Os valores variam significativamente entre explorações, com aplicações que chegam a ultrapassar os 2000 m³/ano, aplicados em culturas de plantação de couve. A distribuição do chorume por diferentes culturas demonstra uma utilização agrícola relevante e alinhada com as práticas recomendadas de valorização dos efluentes pecuários.

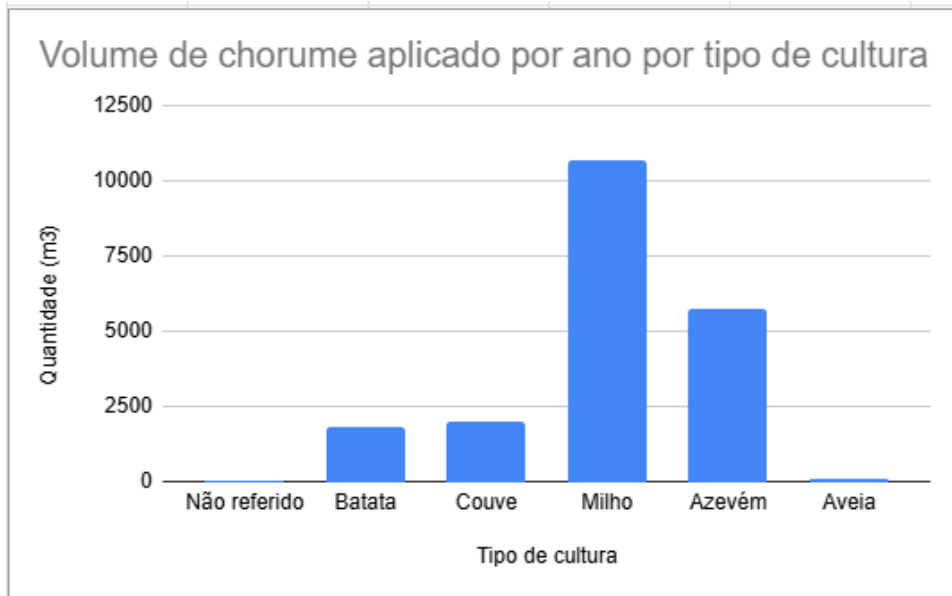


Figura 16 - Volume de chorume aplicado por ano e por tipo de cultura

A Figura 17, que diz respeito à quantidade de estrume enquanto fertilizante orgânico, foi também maioritariamente aplicado em culturas de milho e azevém e culturas como pomares e hortícolas. Esta aplicação visa melhorar a estrutura e fertilidade do solo. As quantidades aplicadas foram variáveis, com destaque para a exploração que indicou uma aplicação de 300 toneladas/ano numa cultura de milho. A utilização do estrume mostra o seu importante papel na reposição da matéria orgânica do solo e na melhoria da sua capacidade de retenção de água e nutrientes.

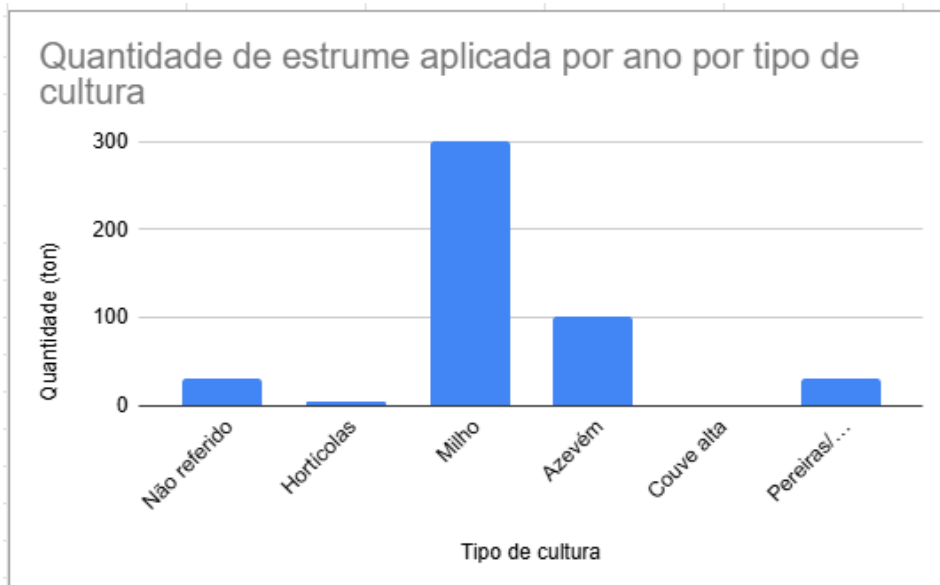


Figura 17 - Quantidade de estrume aplicada por ano e por tipo de cultura

Quanto aos dejetos desidratados sem cama, apenas uma reposta foi registada, indicando uma aplicação anual de 2 toneladas em pastagens. Dada a limitação

da amostra, os dados não são representativos, mas indicam a possibilidade de uso deste tipo de efluente em culturas pouco exigentes.

Na fase final do inquérito, uma das perguntas foi sobre o custo anual da gestão dos efluentes pecuários. As respostas dos inquiridos encontram-se na Figura 18

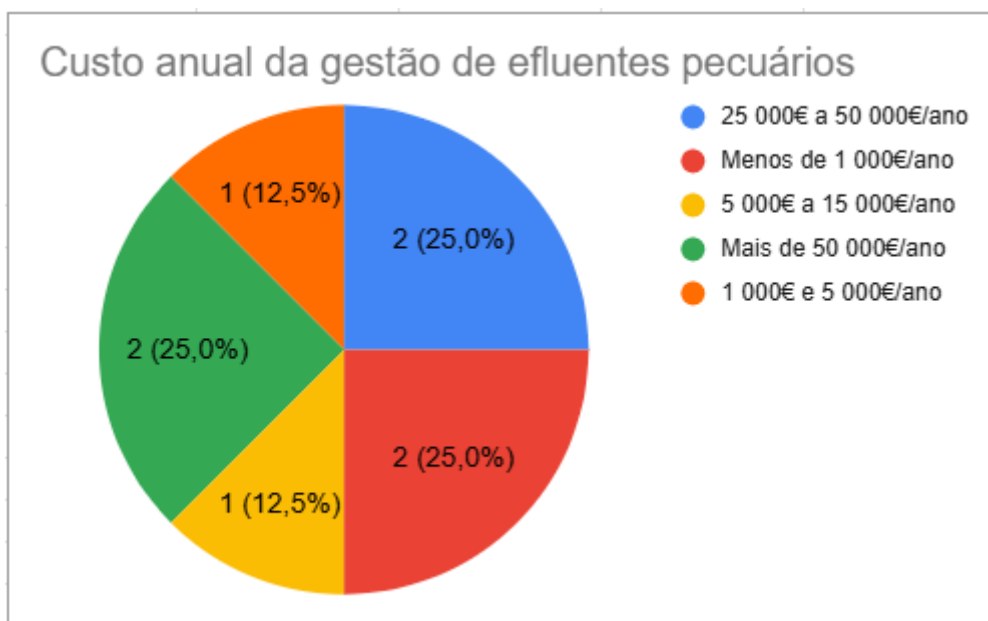


Figura 18 - Custo anual da gestão dos efluentes

Os produtores indicaram valores diversos para os custos anuais com a gestão dos seus efluentes pecuários, refletindo as diferenças entre tipologias de exploração, volume de efluente produzido, métodos de armazenamento e aplicação. Os custos referidos variaram entre valores inferiores a 1000€/ano até acima de 50000€/ano, concentrando-se a maioria das repostas nas categorias “Menos de 1000€/ano”, “25000€ a 50000€/ano” e “Mais de 50000€/ano”.

Esta variação mostra que, mesmo à escala regional, a gestão dos efluentes pecuários pode representar um encargo significativo, especialmente quando as explorações necessitam de infraestruturas próprias, equipamento especializado ou quando necessitam contratar serviços externos para transporte ou valorização.

Assim, o questionário foi finalizado com questões que procuravam identificar as principais dificuldades sentidas pelos produtores no contexto da gestão de efluentes pecuários, bem como as soluções que consideram mais eficazes para ultrapassar esses desafios. As respostas obtidas permitem uma melhor compreensão das barreiras práticas enfrentadas no terreno, oferecendo ainda sugestões relevantes para a construção de estratégias mais eficientes e sustentáveis de valorização dos efluentes.

As dificuldades mais mencionadas pelos inquiridos foram:

- Custos elevados;
- Incapacidade de cumprir todas as exigências regulamentadas;
- Pouco conhecimento e formação;
- Falta de tecnologias modernas eficientes.

Às quais sugeriram soluções como:

- Apoios financeiros;
- Programas de formação e assistência técnica;
- Incentivos à investigação e ao desenvolvimento de novas tecnologias;
- Revisão da legislação e regulamentos;
- Construção de uma Estação de Tratamento de Efluentes.

Estas respostas evidenciam a perceção clara, por parte dos produtores, dos obstáculos que enfrentam e das medidas que consideram essenciais para os superar. O seu contributo reforça a necessidade de políticas mais inclusivas e adaptadas à realidade do setor agropecuários, que combinem apoio técnico, financeiro e normativo. Só com o envolvimento direto dos agricultores e a valorização do seu conhecimento prático será possível promover uma transição eficaz para sistemas de fertilização mais sustentáveis e ajustados às necessidades atuais e futuras, contribuindo de modo efetivo para o aumento da Economia Circular nacional.

6 Discussão

6.1 Balanço de nutrientes N e P

O azoto (N) é um dos nutrientes mais importantes para as plantas, sendo essencial para a formação de proteínas, hormonas, clorofila e enzimas (Velo *et al.*, 2022). A maior parte é absorvida sob a forma de nitrato (Velo *et al.*, 2022), embora também possa ser assimilado como amoníaco. Um excesso pode comprometer a floração e frutificação, enquanto o seu défice reduz a produção e afeta a qualidade de hortícolas de folha e forragens.

O fósforo (P) desempenha um papel essencial na germinação, fotossíntese e metabolismo das plantas (Velo *et al.*, 2022). Contribui para a formação de raízes, floração e frutificação, além de melhorar a qualidade dos frutos e a eficiência do uso da água. No entanto, um excesso pode limitar o crescimento das raízes e provocar deficiências de zinco nas culturas. A sua falta resulta num crescimento mais lento e na coloração arroxeada das folhas e caules.

Não analisado no balanço anterior, mas não menos importante, o potássio (K) é o nutriente absorvido em maior quantidade depois do azoto, essencial para a produção de açúcares, hidratos de carbono e proteínas (Velo *et al.*, 2022). Regula a abertura estomática, ajudando na retenção de água, e aumenta a

resistência das plantas ao frio e doenças. Contudo, solos ricos em potássio podem reduzir a absorção de magnésio, causando carências nutricionais.

Cada um destes nutrientes é essencial para o crescimento saudável das plantas, mas o seu equilíbrio deve ser bem gerido para evitar deficiências ou excessos que possam comprometer a produtividade agrícola.

O estudo apresentado na ENEAPAI 2030, sobre a análise do balanço de azoto e fósforo, considerou um cenário em que 50% das necessidades das culturas agroflorestais eram supridas por efluentes pecuários, sendo o restante fornecido por fertilizantes adicionais. Teve como objetivo identificar os concelhos com excesso de produção destes nutrientes face à capacidade de absorção dos solos agrícolas e florestais.

Nos concelhos com excedente de azoto, a produção superou as necessidades agrícolas em 10 520 toneladas/ano, gerando um volume de efluentes de 3 423 369 m³/ano, quando considerada apenas a pecuária intensiva. Esta situação ocorreu em 67 concelhos, cobrindo 17% do território continental (Soares *et al.*, 2022). Com a inclusão da produção extensiva, o excesso de N aumenta para 29 985 toneladas/ano e 10 494 319 m³/ano, afetando 119 concelhos, representando 50% da área do continente. Relativamente ao fósforo, o excesso anual em regime intensivo foi de 10 106 toneladas/ano, associado a 3 734 382 m³/ano de efluentes, distribuindo-se por 60 concelhos, cobrindo 10% do território nacional (Soares *et al.*, 2022). Quando incluída a pecuária extensiva, os valores foram de 3 249 toneladas/ano de fósforo excedente.

De forma geral, quando se considera apenas a pecuária intensiva, os excedentes de N e P são semelhantes, mas no regime extensivo a diferença aumenta substancialmente, sendo o excesso de azoto muito superior ao de fósforo. Entre os concelhos com maior excedente, destacaram-se Leiria e Alcobaça, com valores superiores a 1 tonelada/ano de N e P acumulados (Soares *et al.*, 2022), pertencendo os dois concelhos à região Centro.

Esta análise evidenciou a necessidade de estratégias para gestão dos excedentes, de forma a garantir uma distribuição adequada dos efluentes pecuários para evitar impactes ambientais negativos, tais como a eutrofização, a poluição das massas de água e o aumento da emissão de gases tóxicos para a atmosfera.

Em 2022, o balanço de azoto (Figura 19) apresentou um excedente de 121,9 mil toneladas, correspondendo a 31 kg/ha de superfície agrícola utilizada (SAU), refletindo uma redução de 15% face a 2021 (REA, 2025).

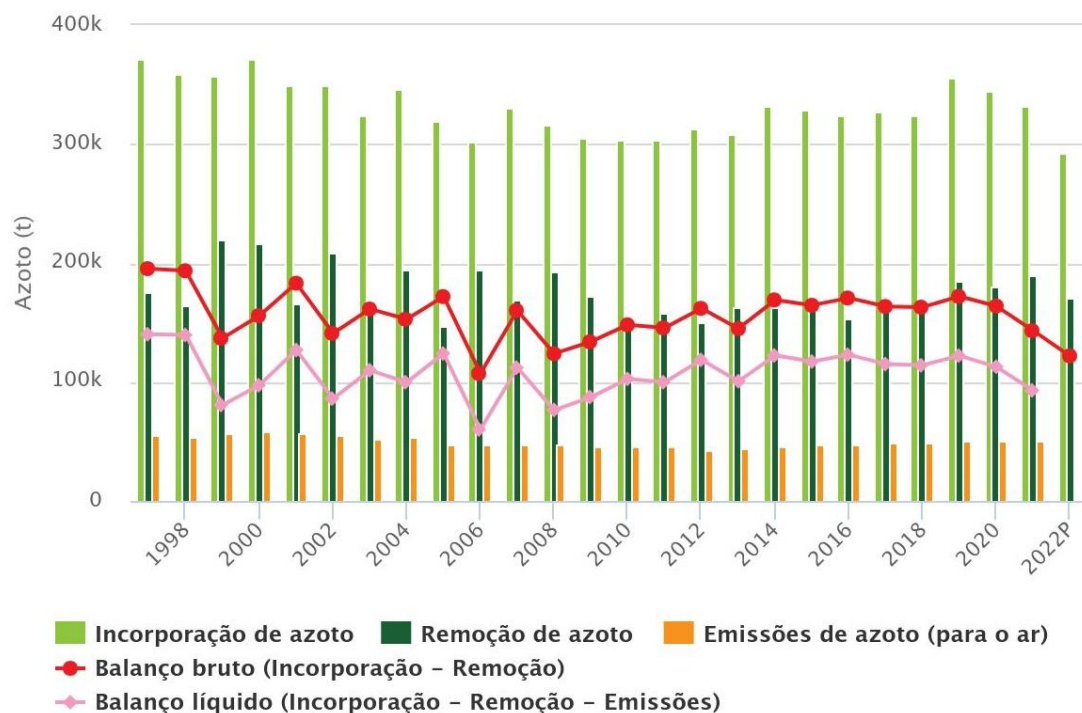


Figura 19 - Evolução do balanço do azoto (Fonte: REA, 2025)

Entre 1997 e 2022 (Figura 19), o potencial de perdas de azoto no solo diminuiu 38% no total e 39% por hectare de SAU (REA, 2025). Este declínio resultou da menor incorporação de N no solo, maior absorção pelas culturas e redução das emissões para a atmosfera. Quanto ao fósforo, verificou-se um excedente de 9,5 mil toneladas, equivalente a 2 kg/ha de SAU, representando um aumento de 25% face ao ano anterior (REA, 2025). No entanto, entre 1995 e 2022, o risco de perdas de fósforo no solo reduziu 72% (REA, 2025), devido à diminuição da sua aplicação e à redução da remoção pelas culturas (Figura 20).

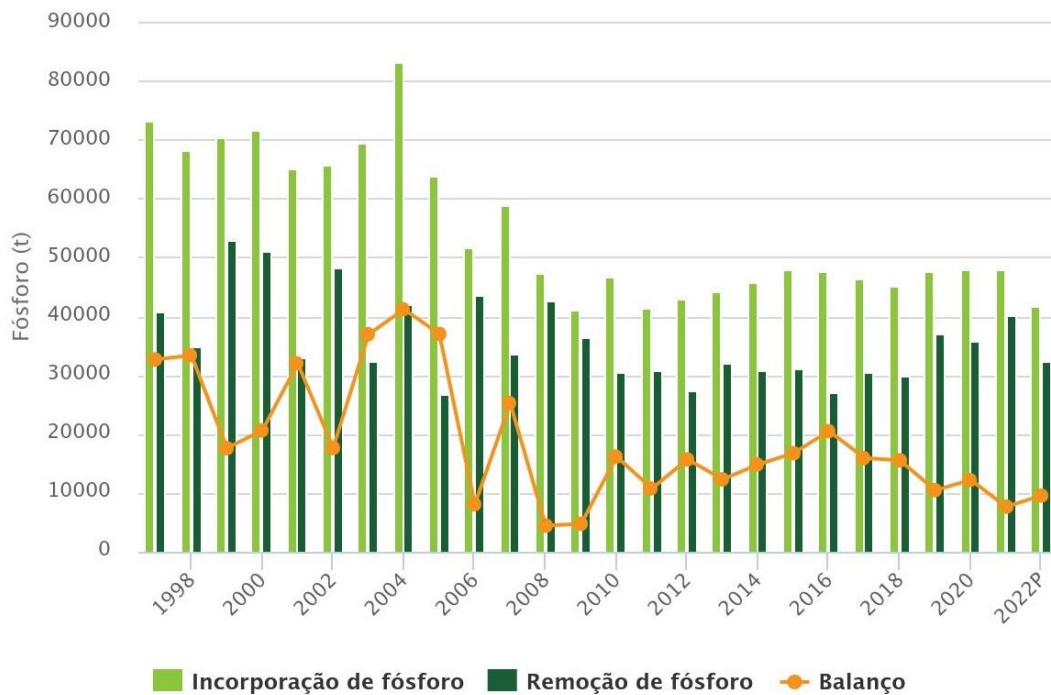


Figura 20 - Evolução do balanço do fósforo (Fonte: REA, 2025)

Nos últimos 5 anos, consolidou-se a tendência de redução dos balanços de N e P (Figura 21):

- **Azoto:** redução de 25% (30% por hectare de SAU), acompanhada de um aumento na remoção do solo pelas culturas (58% em 2022 face a 50% em 2018);
- **Fósforo:** redução de 39% (42% por hectare de SAU), com 77% do fósforo incorporado em 2022 a ser absorvido pelas culturas, comparado com 66% em 2018.

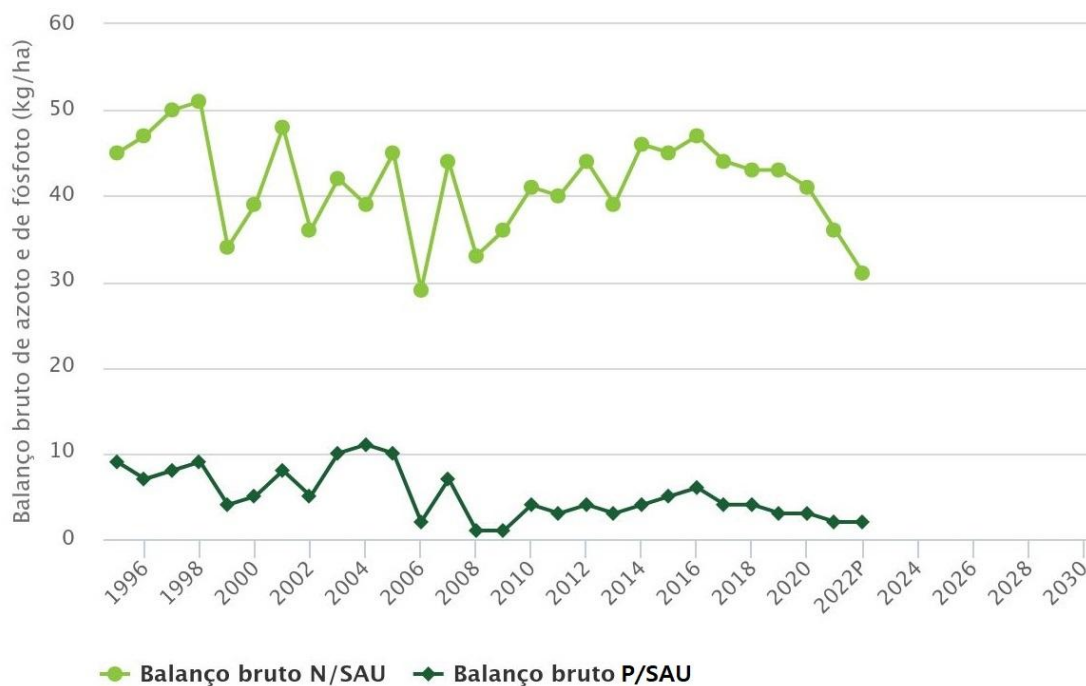


Figura 21 - Evolução da perda de nutrientes por SAU (Fonte: REA, 2025)

Os resultados evidenciam o impacto positivo da adoção de boas práticas agrícolas, apoiadas pelo Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2020 (PDR 2020). É de notar que as variações registadas ao longo do período analisado refletem fatores como crises económicas, aumento dos preços dos fertilizantes e período de seca (Figura 21).

6.2 Soluções para o excesso de efluentes

A gestão eficiente dos efluentes pecuários é fundamental para evitar a acumulação excessiva de nutrientes nos solos, que pode resultar em impactes ambientais negativos. Para reduzir este problema, é necessário adotar técnicas eficazes de tratamento e valorização dos efluentes, garantindo a sua reutilização de forma sustentável. Uma das soluções mais promissoras é a digestão anaeróbia, um processo biotecnológico que converte a matéria orgânica em biogás (Borges *et al.*, 2022), permitindo não só reduzir o volume de efluentes, mas também gerar energia renovável e fertilizantes orgânicos.

A digestão anaeróbia ocorre através da degradação da matéria orgânica na ausência de oxigénio, resultando na produção de biometano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). O objetivo deste processo é maximizar a percentagem de metano no biogás, aumentando o seu poder calorífico. O biogás pode ser obtido a partir de estrumes e chorumes de diferentes espécies pecuárias, sendo uma alternativa aos combustíveis fósseis. No entanto, o biogás contém também gás sulfídrico (H_2S), um composto corrosivo que deve ser removido através de filtros purificadores para evitar danos nos equipamentos (Borges *et al.*, 2022).

O processo de digestão anaeróbia ocorre em quatro fases:

1. **Hidrólise** – as bactérias decompõem a matéria orgânica em moléculas mais simples;
2. **Acidogénese** – transformação dos produtos da hidrólise em ácido acético (CH_3COOH), hidrogénio (H_2) e CO_2 ;
3. **Acetogénese** – conversão dos compostos intermediários em precursores de metano;
4. **Metanogénese** – as bactérias metanogénicas convertem os compostos anteriores em metano (CH_4 , o principal componente do biogás). Estas bactérias são muito sensíveis a variações de pH e temperatura, sendo necessário manter condições estáveis para otimizar o processo.

O biogás gerado pode ser utilizado para produção de energia mecânica, térmica ou elétrica, sendo uma solução viável para substituir combustíveis fósseis. Algumas das suas vantagens são:

- **Ambiental** – redução de GEE, minimizando o impacto no aquecimento global;
- **Agrícola** – através da reciclagem de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos;
- **Sanitária** – se operado a temperaturas adequadas, o processo melhora a eficiência do tratamento (remoção de matéria orgânica entre 60-90%), reduz odores e elimina agentes patogénicos.

Por outro lado, a compostagem é um processo biológico aeróbio que transforma os efluentes pecuários biodegradáveis num material estabilizado e rico em húmus, adequado para utilização agrícola (Borges *et al.*, 2022). Esta técnica posiciona-se como uma das melhores soluções para o tratamento de efluentes (Borges *et al.*, 2022), reduzindo a poluição ambiental associada à gestão inadequada dos resíduos agropecuários.

Os principais objetivos da compostagem incluem:

- **Transformação da matéria orgânica** num fertilizante estável e seguro para ser aplicado no solo;
- **Redução do volume e concentração de nutrientes;**
- **Diminuição da deposição de resíduos orgânicos em aterros** e redução de odores desagradáveis;
- **Eliminação de microrganismos patogénicos**, melhorando a segurança sanitária dos solos e culturas;
- **Substituição parcial de fertilizantes sintéticos**, minimizando a poluição dos recursos hídricos.

O composto final pode ser granulado ou peletizado, aumentando a concentração de nutrientes e a eficiência de transporte e aplicação (Borges *et*

al., 2022). A sua utilização melhora a estrutura e fertilidade do solo, atuando como corretivo orgânico e promovendo a segurança alimentar através da redução da carga microbiana.

A compostagem ocorre em duas fases:

1. **Fase termofílica** – reações bioquímicas intensas de oxidação, onde ocorre a maior degradação da matéria orgânica;
2. **Fase mesofílica** (maturação) – processo de humidificação, onde os compostos orgânicos são estabilizados e transformados em húmus.

A composição de um sistema de compostagem inclui:

- Recolha e transporte de EP para unidades de tratamento;
- Pilhas dinâmicas com revolvimento, onde ocorre a decomposição controlada;
- Moagem, para uniformizar o material e facilitar a degradação biológica.

Ao contrário da digestão anaeróbia, a compostagem ocorre na presença de oxigénio, sendo conduzida por microrganismos aeróbios. Para além dos benefícios agrícolas, este processo contribui para a redução do impacto ambiental, pois permite uma libertação lenta do azoto, evitando perdas por lixiviação e protegendo os recursos hídricos.

6.3 Planos de fertilização com base nas necessidades das culturas

A aplicação de fertilizantes orgânicos pode ocorrer de diferentes formas. Quando realizada antes ou durante a sementeira, é considerada uma aplicação de fundo (Veloso *et al.*, 2022). Se os fertilizantes forem distribuídos uniformemente sobre o terreno, trata-se de uma aplicação de lanço (Veloso *et al.*, 2022), sendo este método frequentemente utilizado para corretivos orgânicos, como estrumes e compostos.

Os fertilizantes orgânicos incluem resíduos de origem animal e vegetal, ricos em carbono orgânico, que melhoram as condições de crescimento das plantas. Para além dos macronutrientes essenciais, estes fertilizantes podem conter cálcio, magnésio, ferro, cobre e zinco em quantidades variáveis. No entanto, em alguns casos, a presença excessiva de cobre e zinco, especialmente nos efluentes de suinicultura e avicultura, pode resultar em toxicidade para as culturas (Veloso *et al.*, 2022), sendo necessária uma aplicação equilibrada.

Existem diversas formas de fertilizantes orgânicos, entre as quais se destacam:

- **Efluentes pecuários** (estrumes e chorumes de bovinos, suínos, aves e outros);
- **Lamas de depuração** (provenientes do tratamento de águas residuais urbanas e industriais)

- **Compostos orgânicos** (obtidos a partir da fermentação controlada de subprodutos agroindustriais);
- **Digeridos (*digestate*)** (subprodutos da digestão anaeróbia utilizados como fertilizantes).

A definição do plano de fertilização de uma cultura ou rotação de culturas deve basear-se nas suas necessidades nutricionais, especialmente em azoto, para atingir a produção esperada. Esta estimativa deve considerar as características do solo, a disponibilidade de água e os recursos tecnológicos da exploração. A incorporação de fertilizantes orgânicos no plano de fertilização exige a avaliação da sua composição em nutrientes, garantindo que a sua aplicação satisfaz as necessidades das culturas sem provocar desequilíbrios. Após determinar a quantidade de fertilizantes orgânicos necessária para suprir o azoto, calcula-se a quantidade necessária para o fósforo e potássio (Veloso *et al.*, 2022). Pode haver necessidade de ajustar a dose a ser aplicada, evitando o excesso de fósforo, pois este elemento pode contaminar massas de água superficiais e subterrâneas, contribuindo para fenómenos de eutrofização (Veloso *et al.*, 2022).

A humidade do solo e o clima devem também ser fatores a ter em conta quando se realiza um plano de fertilização, pois influenciam a quantidade de emissões libertadas, após aplicação de qualquer tipo de fertilizante. Solos bem irrigados e ricos em carbono, aumentam a emissão de CH₄, enquanto climas de baixa precipitação podem reduzir a quantidade de NO₂ libertado (Louro *et al.*, 2016; Maris *et al.*, 2016; Petersen *et al.*, 2023). Por isso, é necessário escolher corretamente as épocas do ano em que se planeia aplicar fertilizantes às culturas.

Se os fertilizantes orgânicos não forem suficientes para suprir a necessidade de azoto, deve-se recorrer a adubos minerais na forma mais adequada ao ciclo da cultura, otimizando a sua absorção e minimizando perdas por lixiviação. Além disso, em áreas classificadas como Zonas Vulneráveis à poluição por nitratos (ZV), a aplicação de azoto de origem animal não pode exceder os 170 kg/ha/ano (Diretiva 91/676/CEE, 1991), sendo este um fator essencial a considerar na utilização de efluentes pecuários.

6.4 Dificuldades dos produtores pecuários

É fundamental considerar também os desafios enfrentados pelos produtores na implementação destas práticas. A fertilização ajustada às necessidades das culturas surge como uma abordagem essencial para maximizar a eficiência dos nutrientes e minimizar os impactos ambientais. No entanto, a aplicação prática destas soluções enfrenta diversos obstáculos, que vão desde custos operacionais e logísticos, até limitações regulamentares e falta de conhecimento técnico. Neste contexto, é importante compreender as principais

dificuldades que os produtores agropecuários encontram na valorização destes efluentes e na adoção de fertilizantes orgânicos, bem como os fatores que influenciam a sua viabilidade económica e ambiental.

- **Custos associados** (equipamento, armazenamento e transporte de EP): os efluentes devem ser armazenados em estruturas impermeabilizadas e cobertas, o que implica investimentos avultados em infraestruturas adequadas. O transporte desses efluentes requer veículos ou contentores estanques e cobertos, conforme especificado no artigo 8º da Portaria nº 79/2022, aumentando os custos operacionais. Além disso, se o tratamento destes efluentes for feito na própria exploração, somam-se os custos de investimento em equipamento, de operacionalidade e manutenção.
- **Limitações legais e ambientais** (quotas de aplicação e restrições em ZV): A ENEAPAI estabelece limitações legais, visando melhorar a qualidade das massas de água, exigindo que as explorações pecuárias adotem práticas rigorosas de gestão de efluentes. Para muitos produtores, principalmente os de menor dimensão, há uma grande falta de capacidade para cumprir todas as exigências regulamentadas, visto que a adaptação às mesmas implica investimentos substanciais em infraestruturas e processos, o que pode ser financeiramente exigente e levar mais tempo do que se estima a princípio.
- **Falta de conhecimento técnico e formação**: Os estudos apontam que muitos agricultores carecem de apoio técnico especializado, o que dificulta a implementação eficaz de novas técnicas de fertilização dos solos. Esta lacuna pode levar a práticas inadequadas, comprometendo a eficiência de produção das culturas agrícolas e a sustentabilidade ambiental.

6.5 Comparação entre fertilizantes orgânicos e fertilizantes minerais

A comparação entre fertilizantes orgânicos e sintéticos/minerais é fundamental para compreender as implicações agronómicas, económicas e ambientais associadas a cada tipologia. O Quadro 11 sintetiza as principais diferenças entre estes fertilizantes, como resultado da investigação realizada para este trabalho.

Quadro 11 - Comparação das características dos fertilizantes orgânicos e minerais sintéticos

	Fertilizantes Orgânicos	Fertilizantes Minerais
Composição	Derivados de materiais de origem biológica (estrume, chorume, resíduos vegetais)	Produzidos industrialmente a partir de minerais ou produtos químicos
Libertação de Nutrientes	Lenta e gradual, dependendo da matéria orgânica original e biodiversidade microbiana	Rápida e imediata
Impactes Positivos	Melhoria de estrutura do solo, aumento da capacidade de retenção de água e promoção da atividade microbiana benéfica	Fornecimento rápido de nutrientes específicos, permitindo correções nutricionais imediatas e à medida, mais precisas
Impactes Negativos	Possibilidade de introdução de patogênicos se não forem devidamente tratados, menor concentração de nutrientes, exigindo maiores volumes de aplicação	Risco de lixiviação de nutrientes, especialmente nitratos, contaminando águas subterrâneas, potencial acidificação e salinização do solo, redução da biodiversidade microbiana e eutrofização das águas superficiais
Custos	Geralmente mais económicos, especialmente se produzidos localmente	Custos variáveis, sujeitos à flutuação do mercado internacional e dos preços de energia; conflitos geopolíticos podem levar a aumentos significativos nos preços
Facilidade de acesso	Amplamente disponíveis em explorações agrícolas com atividade pecuária, promovem a economia circular ao reutilizar resíduos orgânicos	Dependência de importações e de processos industriais, vulneráveis a interrupções na cadeia de abastecimento devido a conflitos ou crises energéticas

7 Conclusão

A gestão dos efluentes pecuários representa um dos maiores desafios e oportunidades para a sustentabilidade da agricultura em Portugal. A análise do balanço de azoto e fósforo demonstrou que em várias regiões, a produção destes nutrientes através dos efluentes pecuários excede as necessidades das culturas locais e da capacidade de produção local, exigindo soluções eficazes para evitar impactes ambientais negativos.

A adoção de planos de fertilização surge como uma estratégia essencial para maximizar a eficiência dos nutrientes, reduzir desperdícios e mitigar problemas ambientais. No entanto, a implementação destas práticas enfrenta desafios como elevados custos, incapacidade de cumprir todos os requisitos legais e falta de conhecimento por parte dos produtores. Por isso, é importante incentivar os mesmos, investir na formação e ajustar a legislação, para que lhes seja mais fácil alcançar os objetivos pretendidos.

Comparando os fertilizantes orgânicos e sintéticos, é evidente que, apesar de práticos e da rápida disponibilidade de nutrientes dos adubos minerais, os efluentes pecuários apresentam vantagens agronómicas e ambientais superiores.

Perante o atual contexto económico, ambiental e legislativo, é urgente repensar práticas que assegurem a adequada fertilização na agricultura. A transição para práticas mais sustentáveis, aliadas a políticas públicas que promovam o uso eficiente de fertilizantes provenientes de fontes orgânicas, será fundamental para garantir uma agricultura produtiva, ambientalmente responsável e economicamente viável. O futuro da fertilização deve passar por um equilíbrio entre produtividade e conservação dos recursos naturais, assegurando sistemas alimentares mais resilientes e sustentáveis a longo prazo.

8 Referências

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE - **Lei da Água | Agência Portuguesa do Ambiente** [Em linha], atual. 2021. [Consult. 20 jan. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://apambiente.pt/agua/lei-da-agua>.

AGROPORTAL - **Solo e alterações climáticas – uma relação recíproca** [Em linha], atual. 20 mai. 2024. [Consult. 27 fev. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://www.agroportal.pt/solo-e-alteracoes-climaticas-uma-relacao-reciproca/>.

APA - **Fontes de emissão antropogénicas | Agência Portuguesa do Ambiente** [Em linha], atual. 2021. [Consult. 18 jul. 2024]. Disponível em WWW:<URL:https://apambiente.pt/en/node/995>.

BLADES, Luke *et al.* - Circular Biogas-Based Economy in a Rural Agricultural Setting. **Energy Procedia**. ISSN 18766102. 123:2017) 89–96. doi: 10.1016/j.egypro.2017.07.255.

BORGES, Pedro; DIAS, Carla Teles; SALGUEIRO, João Alberto - **MANUAL DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DE EFLUENTES PECUÁRIOS NO ÂMBITO DO NREAP. DGADR. 2022).**

BORGES, Pedro; DIAS, Carla Teles; SALGUEIRO, João Alberto - **Manual de Gestão Sustentável de Efluentes Pecuários no Âmbito do NREAP. 2022) 94.**

CARB2SOIL - **carb2soil** [Em linha], atual. 13 mai. 2024. [Consult. 19 ago. 2024]. Disponível em WWW:<URL:https://carb2soil.webnode.pt/>.

CARVALHO, Mário - **Como melhorar as funções do solo?** [Em linha], atual. 2022. [Consult. 25 fev. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://florestas.pt/academia/melhorar-as-funcoes-do-solo-por-mario-de-carvalho/>.

CCDR - **Sobre a Região Centro**ccdr, 2025. [Consult. 24 fev. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://www.ccdr.pt/pt/regiao-centro/sobre-a-regiao-centro/>.

CHRYSANTHOPOULOS, Stamatis *et al.* - Agro-industrial by-products as alternative additives for the agronomic valorization of pig slurry through pH modification. **Journal of Cleaner Production**. ISSN 0959-6526. 434:2024) 140052. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.140052.

COMISSÃO EUROPEIA - **Estratégia de Proteção do Solo da UE para 2030.pdf**, 17 nov. 2021. Disponível em WWW:<URL:https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699&from=EN>.

COMISSÃO EUROPEIA - **Manure-to-energy and organic fertilizers solution: smart eco-technology for efficient and sustainable farming, through valorisation of manure** [Em linha], atual. 2022. [Consult. 17 mar. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/31045243/957068/H2020>.

COMISSÃO EUROPEIA - Assegurar a disponibilidade e acessibilidade dos adubos.pdf, 9 nov. 2022. Disponível em WWW:<URL:https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0590(01)>.

DADOS MUNDIAIS - **Clima: Centro em Portugal** [Em linha], atual. 2025. [Consult. 24 fev. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://www.dadosmundiais.com/europa/portugal/clima-centro.php>.

Decreto-Lei n.º 81/2013. [Em linha] (13-06-14) [Consult. 25 jun. 2024]. Disponível em WWW:<URL:https://data.dre.pt/eli/dec-lei/81/2013/p/cons/20210129/pt/html>.

Despacho n.º 1230/2018. [Em linha] (18-02-05) Disponível em WWW:<URL:https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/1230-2018-114627305>.

DGAV - **Número de Animais e explorações - Portugal** [Em linha], atual. 2021. [Consult. 16 jun. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2022/01/Dados.Dez2021.pdf>.

Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural - [Em linha], atual. 2022. [Consult. 14 mar. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://www.dgadr.gov.pt/reap>.

Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural - [Em linha], atual. 2024. [Consult. 15 jul. 2024]. Disponível em WWW:<URL:https://www.dgadr.gov.pt/reap/enquadramento>.

Diretiva 91/676/CEE. [Em linha]. 91/676/CEE (91-12-12) [Consult. 15 mar. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0676>.

Diretiva 2000/60/CE. [Em linha] (00-10-23) Disponível em WWW:<URL:https://apambiente.pt/dqa/assets/01-2000_60_ce---directiva-quadro-da-%c3%a1gua.pdf>.

ESTEVEES, Catarina *et al.* - Partial replacement of mineral fertilisers with animal manures in an apple orchard: Effects on GHG emission. **Journal of Environmental Management**. ISSN 0301-4797. 356:2024) 120552. doi: 10.1016/j.jenvman.2024.120552.

FLORESTAS - **Como é classificado o solo na Carta de Solos de Portugal?** [Em linha], atual. 2022. [Consult. 25 fev. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://florestas.pt/saiba-mais/como-e-classificado-o-solo-na-carta-de-solos-de-portugal/>.

GARDER, I. M. *et al.* - Nitrogen fertiliser value of bioacidified slurry. **Waste Management**. ISSN 0956053X. 166:2023) 86–95. doi: 10.1016/j.wasman.2023.04.050.

GOVEDNIK, Anton *et al.* - Mineral and organic fertilisation influence ammonia oxidisers and denitrifiers and nitrous oxide emissions in a long-term tillage experiment. **Science of The Total Environment**. ISSN 00489697. 928:2024) 172054. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.172054.

GPP - **Publicação Cultivar - Cadernos de Análise e Prospetiva, da responsabilidade do GPP** [Em linha], atual. 2023. [Consult. 20 jun. 2025]. Disponível em

WWW:<URL:https://www.gpp.pt/images/GPP/O_que_disponibilizamos/Publicacoes/CULTIVAR_28/46/#zoom=true>.

HIJAZI, O. *et al.* - Review of life cycle assessment for biogas production in Europe. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. . ISSN 13640321. 54:2016) 1291–1300. doi: 10.1016/j.rser.2015.10.013.

INE - Estatísticas do Ambiente Instituto Nacional de Estatística, , 2023. Disponível em WWW:<URL:https://www.ine.pt/xurl/pub/439499610>>.

IPMA - **Instituto Português do Mar e da Atmosfera** [Em linha], atual. 2025. [Consult. 24 fev. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>.

KOSZEL, Milan; LORENCOWICZ, Edmund - Agricultural Use of Biogas Digestate as a Replacement Fertilizers. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**. . ISSN 22107843. 7:2015) 119–124. doi: 10.1016/j.aaspro.2015.12.004.

LEI N.º 19/2014 - DR, 1.ª série — N.º 73, 14 abr. 2014. Disponível em WWW:<URL:https://files.dre.pt/1s/2014/04/07300/0240002404.pdf>.

LOURO, Aránzazu *et al.* - Greenhouse gas fluxes from a grazed grassland soil after slurry injections and mineral fertilizer applications under the Atlantic climatic conditions of NW Spain. **Science of The Total Environment**. . ISSN 00489697. 573:2016) 258–269. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.092.

LUSA - **Medidas de proteção e regeneração do solo são insuficientes, diz especialista** [Em linha], atual. 3 out. 2022. [Consult. 27 fev. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://www.agroportal.pt/medidas-de-protecao-e-regeneracao-do-solo-sao-insuficientes-diz-especialista/>.

MARIS, S. C. *et al.* - Effect of fertilising with pig slurry and chicken manure on GHG emissions from Mediterranean paddies. **Science of The Total Environment**. . ISSN 00489697. 569–570:2016) 306–320. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.06.040.

MAYER, Jochen *et al.* - “Productivity, quality and sustainability of winter wheat under long-term conventional and organic management in Switzerland”. **European Journal of Agronomy**. . ISSN 11610301. 65:2015) 27–39. doi: 10.1016/j.eja.2015.01.002.

MURCHIE, Archie K. *et al.* - Responses of earthworm species to long-term applications of slurry. **Applied Soil Ecology**. . ISSN 09291393. 96:2015) 60–67. doi: 10.1016/j.apsoil.2015.07.005.

NUNES ET AL. - GoEfluentes - Roteiro para a Gestão dos Fluxos Gerados na Atividade Agropecuária.pdf, 2022.

PEDERSEN, Johanna; HAFNER, Sasha D. - Ammonia emissions after field application of anaerobically digested animal slurry: Literature review and perspectives. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. . ISSN 01678809. 357:2023) 108697. doi: 10.1016/j.agee.2023.108697.

PETERSEN, Søren O. *et al.* - Higher N₂O emissions from organic compared to synthetic N fertilisers on sandy soils in a cool temperate climate. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. . ISSN 01678809. 358:2023) 108718. doi: 10.1016/j.agee.2023.108718.

Portaria n.º 79/2022. [Em linha] (22-02-03) Disponível em WWW:<URL:https://data.dre.pt/eli/port/79/2022/02/03/p/dre/pt/html>.

PRADO, Joana *et al.* - A step towards the production of manure-based fertilizers: Disclosing the effects of animal species and slurry treatment on their nutrients content and availability. **Journal of Cleaner Production**. . ISSN 09596526. 337:2022) 130369. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.130369.

REA - **Balço de nutrientes (azoto e fósforo) | Relatório do Estado do Ambiente** [Em linha], atual. 2025. [Consult. 14 mar. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://rea.apambiente.pt/content/balan%C3%A7o-de-nutrientes-azoto-e-f%C3%B3foro?language=pt-pt>.

SANTOLIN, Julia *et al.* - Consequential LCA of NPK fertilizers from microbial, animal, plant, and mineral origin highlights resource constraints and environmental impacts. **Journal of Cleaner Production**. . ISSN 09596526. 457:2024) 142312. doi: 10.1016/j.jclepro.2024.142312.

SCARLAT, Nicolae *et al.* - A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. . ISSN 13640321. 94:2018) 915–930. doi: 10.1016/j.rser.2018.06.035.

SCARLAT, Nicolae; DALLEMAND, Jean-François; FAHL, Fernando - Biogas: Developments and perspectives in Europe. **Renewable Energy**. . ISSN 09601481. 129:2018) 457–472. doi: 10.1016/j.renene.2018.03.006.

SOARES, José Martins *et al.* - Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais 2030, 2022. Disponível em WWW:<URL:https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/ParticipacaoPublica/E NEAPAI/ENEAPAI_2030_Tomol.pdf>.

SURVEYMONKEY - **Calculadora de tamanho amostral** [Em linha], atual. 2024. [Consult. 16 jun. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://pt.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>.

SURVEYMONKEY - **Métodos de amostragem: tipos e exemplos** [Em linha], atual. 2025. [Consult. 16 jun. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://pt.surveymonkey.com/market-research/resources/types-of-sampling/>.

SYNGENTA - **A importância do solo para o futuro da agricultura** [Em linha], atual. 3 dez. 2018. [Consult. 14 mar. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://www.agroportal.pt/a-importancia-do-solo-para-o-futuro-da-agricultura/>.

VELOSO ET AL. - Manual de fertilização das culturas, 2022. Disponível em WWW:<URL:https://www.inia.pt/images/publicacoes/livros-manuais/Manual_Fertilizacao_das_culturas.pdf>.

Z-TABLE - **Z SCORE TABLE - Z Table and Z score calculation** [Em linha], atual. 2024. [Consult. 16 jun. 2025]. Disponível em WWW:<URL:https://z-table.com>.

9 Anexos

ANEXO I – Formato do inquérito elaborado para recolha de informação complementar necessária à caracterização do potencial de produção de efluentes pecuários na região Centro

Caracterização Agropecuária da Região Centro

Este inquérito faz parte de um estudo de tese que tem como objetivo investigar as práticas atuais relacionadas com a produção, armazenamento e valorização de efluentes pecuários. Estes efluentes, provenientes de atividades de criação de animais, representam um desafio ambiental significativo, no entanto, quando aproveitados, são também importantes para a sustentabilidade e a economia circular.

O inquérito é realizado com fins académicos e os resultados obtidos poderão ser publicados mas **NÃO SERÃO DIVULGADOS** os nomes dos respondentes. Os dados serão tratados de acordo com o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados, sendo processados e armazenados de forma confidencial.

Caracterização da Atividade

1. Indique o município a que pertence: *

Selecionar ▼

2. Indique a tipologia do seu setor: *

- Bovinos de carne (1)
- Bovinos de leite (2)
- Suínos de ciclo completo (3)
- Suínos de reprodução (4)
- Suínos de engorda (5)
- Frangos (6)
- Galinhas poedeiras (7)
- Outra: _____

3. Indique o número total de cabeças/ano de acordo com a opção selecionada na *
pergunta anterior:

(ex.: (4): 50 cabeças/ano; (5): 1000 cabeças/ano):

A sua resposta _____

Produção de Efluentes Pecuários

Se alguma das perguntas não se aplicar, escreva N/A (não aplicável)

4. Indique o tipo de efluente produzido na sua exploração: *

- Chorume
- Estrume
- Dejetos desidratados sem cama

4.1. Indique o volume médio mensal produzido de chorume (m³): *

(escreva N/A se não produzir este efluente)

A sua resposta _____

4.2. Indique a quantidade média mensal produzida de estrume (ton): *

(escreva N/A se não produzir este efluente)

A sua resposta _____

4.3. Indique a quantidade média mensal produzida de dejetos desidratados sem *
cama (ton):

(escreva N/A se não produzir este efluente)

A sua resposta _____

Armazenamento de Efluentes Pecuários

Se alguma das perguntas não se aplicar, escreva N/A (não aplicável)

5. Indique o tipo de estrutura onde é armazenado o efluente pecuário: *

- Nitreira (1)
- Poço de recepção (2)
- Lagoa de retenção (3)
- Tanque de armazenamento (4)
- Fossa séptica (5)
- Reservatórios (6)
- Estrutura de armazenamento de estrume e/ou dejetos desidratados (7)
- Sem estrutura de armazenamento (efluente recolhido por terceiros)
- Outra: _____

5.1. Indique a capacidade total de armazenamento para cada uma das opções selecionadas na questão 5: *

(ex.: (1): 2 m³; (5): 2 m³; (7): 2 ton)

A sua resposta

5.2. Indique o número de meses de armazenamento/retenção do efluente pecuário para cada estrutura selecionada: *

(ex.: (1): 2 meses; (5): 2 meses; (7): 2 meses)

A sua resposta

6. Indique se faz separação da fração sólida da fração líquida: *

Sim

Não

6.1. Indique os equipamentos que possui para fazer essa separação: *

Tanque de sedimentação

Tamisador

Separador de prensas

Grades de detenção de detritos

Outra: _____

Encaminhamento ou Destino do Efluente Pecuário

Se alguma das perguntas não se aplicar, escreva N/A (não aplicável)

7. Indique o método de encaminhamento/valorização que utiliza:

(para ver todas as opções desloque o cursor para a direita)

	Agrícola na própria exploração (1)	Agrícola por terceiros (2)	Compostagem anexa à exploração (3)	Digestão anaeróbia anexa à exploração (4)	Recolhido por operadores (5)	Utilização como combustível na exploração (6)
Chorume	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estrume	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dejetos desidratados sem cama	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Indique o método de encaminhamento/valorização que utiliza:

(para ver todas as opções desloque o cursor para a direita)

	Utilização como combustível na exploração (6)	Compostagem ou digestão anaeróbia autónoma (7)	Incineração/co-incineração em unidade autónoma (8)	ETAR própria e descarga em meio hídrico (9)	ETAR coletiva (10)	Outro destino
Chorume	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estrume	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dejetos desidratados sem cama	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7.1. Indique a quantidade média anual de chorume (m³) encaminhada para cada *
uma das opções selecionadas na questão 7:

(ex.: (1): 2 m³; (4): 2 m³)

A sua resposta

7.2. Indique a quantidade média anual de estrume (ton) encaminhada para cada *
uma das opções selecionadas na questão 7:

(ex.: (1): 2 ton; (3): 2 ton)

A sua resposta

7.3. Indique a quantidade média anual de dejetos desidratados sem cama (ton) *
encaminhada para cada uma das opções selecionadas na questão 7:

(ex.: (1): 2 ton; (3): 2 ton)

A sua resposta

7.4. Caso tenha respondido "outro destino" na questão 7, indique qual:

A sua resposta

Caracterização da Valorização na Exploração

Se alguma das perguntas não se aplicar, escreva N/A (não aplicável)

8. Indique o método de aplicação do efluente ao solo: *

- Espalhamento superficial
- Injeção no solo
- Incorporação no solo
- Outra: _____

8.1. Indique a área (ha) de aplicação do efluente: *

A sua resposta _____

8.2. Indique a quantidade de chorume (m³) aplicada por ano por tipo de cultura: *
(ex.: milho: 50 m³; sorgo: 40 m³)

A sua resposta _____

8.3. Indique a quantidade de estrume (ton) aplicada por ano por tipo de cultura: *
(ex.: milho: 50 ton; sorgo: 40 ton)

A sua resposta _____

8.4. Indique a quantidade de dejetos desidratados sem cama (ton) aplicada por ano por tipo de cultura: *
(ex.: milho: 50 ton; sorgo: 40 ton)

A sua resposta _____

Desafios na Gestão de Efluentes

9. Indique o custo anual da gestão destes efluentes: *

- Menos de 1 000€/ano
- 1 000€ e 5 000€/ano
- 5 000€ a 15 000€/ano
- 15 000€ a 25 000€/ano
- 25 000€ a 50 000€/ano
- Mais de 50 000€/ano

10. Indique as dificuldades enfrentadas na gestão de efluentes pecuários: *

- Custos elevados
- Pouco conhecimento e formação
- Falta de tecnologias modernas eficientes
- Incapacidade de cumprir todas as exigências regulamentadas
- Outra: _____

10.1. Indique as soluções possíveis para ultrapassar esses desafios: *

- Apoios financeiros
- Programas de formação e assistência técnica
- Incentivar a investigação e o desenvolvimento de novas tecnologias
- Revisão da legislação e regulamentos
- Outra: _____