



Luis João Coimbra Trincão Amora Luís

Licenciado em Ciências de Engenharia do Ambiente

Caracterização Química de Corretivos Orgânicos e Lamas de Depuração

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente

Orientador: Doutor Filipe Miguel Sequeira Ramos Rodrigues Pedra, INIAV

Co-orientador: Prof. Doutora Alexandra de Jesus Branco Ribeiro, UNL, FCT

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues

Arguente: Doutora Paula Alexandra Rodrigues e Araújo Guedes

Vogal: Doutor Filipe Miguel Sequeira Ramos Rodrigues Pedra



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Junho de 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DE ENGENHARIA DO AMBIENTE

Tel. (+351) 212 948 397

FAX (+351) 212 948 554

✉ DCEA.SECRETARIADO@FCT.UNL.PT

Editado por:

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

CAMPUS DE CAPARICA

2829-516 CAPARICA

PORTUGAL

TEL. (+351) 212 948 300

FAX (+351) 212 954 461

✉ DIV.A.MESTRADOS@FCT.UNL.PT

 WWW.FCT.UNL.PT

Luis João Coimbra Trincão Amora Luís

Licenciado em Ciências de Engenharia do Ambiente

Caracterização Química de Corretivos Orgânicos e Lamas de Depuração

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente

Orientador: Doutor Filipe Miguel Sequeira Ramos Rodrigues Pedra, INIAV

Co-orientador: Prof. Doutora Alexandra de Jesus Branco Ribeiro, UNL, FCT

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues

Arguente: Doutora Paula Alexandra Rodrigues e Araújo Guedes

Vogal: Doutor Filipe Miguel Sequeira Ramos Rodrigues
Pedra

Junho de 2016

Caracterização química de diferentes corretivos orgânicos e lamas de depuração

© Copyright em nome de Luís João Coimbra Trincão Amora Luís da FCT/UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Aos meus Pais

“O amor por todas as coisas vivas, é o mais nobre atributo de um homem.”
Charles Darwin

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação de mestrado não teria sido possível sem o apoio do Doutor Filipe Pedra, a quem agradeço profundamente a orientação, a disponibilidade e o desejo de melhorar a cada dia.

Agradeço à Professora Doutora Alexandra Ribeiro por ter acreditado em mim e me ter incentivado a chegar à obtenção deste grau.

Aos meus pais Hortense e Luís por todo o apoio no meu percurso académico, por me proporcionarem esta oportunidade de aprendizagem e por me guiarem na vida e transmitirem sempre bons exemplos.

À minha esposa e arquiteta Rita Fernandes pela paciência para ultrapassar todas as frustrações, e por me ter motivado e mostrado que seria possível concretizar esta vontade.

Ao Engenheiro Pedro Borga e Major Sérgio Correia pelo auxílio prestado no decorrer deste trabalho.

À minha irmã Sara pela ajuda e apoio à família nos meus momentos de maior ausência.

À minha segunda família, Amélia, Fernando e Raquel pela compreensão e apoio.

Aos amigos que fiz neste percurso académico que enriqueceram estes anos com a maior alegria e companheirismo, fora e dentro de aulas.

Aos meus restantes amigos que me respeitaram, ajudaram e motivaram a terminar este trabalho.

Aos meus colegas de trabalho pela tolerância nos momentos mais cansativos.

Dedico-vos este trabalho.

RESUMO

Existem vários resíduos em Portugal que podem ser utilizados e reciclados nos solos de maneira a manter a sua fertilidade sendo uma das opções para integração na diversificação e conservação dos recursos naturais, mas esta prática deve ser monitorizada para evitar transformar um benefício ecológico num malefício através da poluição e contaminação dos solos.

Dentro destes produtos, destacam-se através da sua dimensão em números de amostra os compostos de resíduos industriais banais orgânicos (CRIBO), os compostos de resíduos sólidos urbanos (CRSU), lamas de depuração e efluentes pecuários.

Estes produtos possuem características distintas à partida, e neste trabalho procedeu-se à caracterização destas matrizes baseado numa base de dados codificada com os resultados das amostras recebidas pelo Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS) desde 2010 até 2015.

Esta análise foi feita segundo as perspetivas de: (i) avaliar a evolução das propriedades físico-químicas das diferentes matrizes durante o período 2010-2015, (ii) comparar e avaliar em termos de qualidade as diferentes características de cada matriz e (iii) comparar os resultados com os existentes a nível Nacional.

Os resultados obtidos mostram, através da razão C/N, que os produtos compostados são mais estáveis e maturados, tendo assim maior potencial de funcionarem como corretivos orgânicos do que as lamas de depuração e efluentes pecuários. As lamas de depuração e os efluentes pecuários registaram maior potencialidade em fertilizar os solos do que os corrigir devido à menor estabilização da matéria orgânica e às maiores concentrações de macronutrientes comparativamente com os produtos compostados. Foi possível identificar alguma incoerência em termos legislativos para as diferentes matrizes e esse aspeto acaba por comprometer a qualificação dos diferentes produtos. Os produtores de composto também não apresentam os teores declarados de uma maneira clara e uniformizada em termos de unidades.

No fim concluiu-se que o Zn, Cu encontram-se em maiores concentrações (valores máximos respetivamente: 2190 mg/kg, 2390 mg/kg, 20 mg/kg) em todos os produtos. O produto com melhor potencial de correção de solo é a matriz CRIBO sendo o pior as lamas de depuração devido ao maior potencial de contaminação em metais pesados (Cd [0:20] mg/kg, Cu [0,5:2390] mg/kg, Ni [0,5:230] mg/kg, Pb [0,5:690] mg/kg, Zn [1:2190] mg/kg, Hg [0,001:10] mg/kg, Cr [0,34:682] mg/kg) do solo onde são aplicadas.

Neste trabalho não foi analisada a presença de materiais antropogénicos como vidro e plástico, organismos patogénicos, grau de maturação e presença de compostos orgânicos uma vez que estes parâmetros não são analisados no LQARS.

Palavras-chave: Corretivos orgânicos, composto, lamas de depuração, efluentes pecuários, qualidade.

ABSTRACT

There are several waste materials in Portugal that can be reused and recycled in order to keep soils fertility. This is one of the options for integration, diversification and conservation of the natural resources therefore this practice must be monitored to prevent turning an ecological benefit into a hazard, throughout its pollution and soil contamination.

Within these products the industrial organic waste compost's, municipal solid waste compost's, sludge and livestock effluents stand out due to their quantity and high sample number.

These products have different features to start with so this thesis aimed to characterize these matrices based in *Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva* (LQARS) between 2010 and 2015.

This analysis was conducted according to the following goals: (i) analyze the evolution of the different matrices between 2010-2015, (ii) analyze and compare in terms of quality the different characteristics of each matrix and (iii) compare the obtained results with the national values.

The results show that all matrices have strengths and weaknesses. Through the C/N relation interpretation the composted matrices showed greater stability and maturity therefor they can perform a better organic correction of soil. In the other hand the sludge and livestock effluents have improved soil fertility but, due to their reactivity, they present a lower ability to perform long-term correction of the soils.

It was possible to identify some inconsistencies in the Portuguese legislation for the different matrices and these aspects ultimately compromise the qualifications between the different products in a fair way. The compost producers do not have their declare contents in a clear and uniform manner in terms of units.

At the end it was concluded that Zn and Cu are the most abundant heavy metals in these products (maximum values respectively: 2190 mg/kg, 2390 mg/kg, 20 mg/kg). Although they are considered micronutrients, their excess will cause toxicity and malformations of plants as well as escalation along the food chain. The matrix with the best characteristics to soil correction was the industrial organic waste compost and the weakest the sludge because of their soil contamination potential (Cd [0:20] mg/kg, Cu [0,5:2390] mg/kg, Ni [0,5:230] mg/kg, Pb [0,5:690] mg/kg, Zn [1:2190] mg/kg, Hg [0,001:10] mg/kg, Cr [0,34:682] mg/kg).

In this work, the presence of anthropogenic materials such as glass and plastic, pathogenic microorganisms, the degree of maturation of the product or de organic compounds was not as, up to this date, these parameters analysis are not performed in LQARS.

Keywords: compost, agricultural corrective, industrial and urban sludge, livestock effluents, quality.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

AGRADECIMENTOS.....	VI
RESUMO	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE DE MATÉRIAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABELAS	IX
ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XI
1. Introdução.....	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 MOTIVAÇÃO	1
1.3 METODOLOGIAS	1
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2. Estado Da Arte	3
2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL E GESTÃO DE RESÍDUOS	3
2.2 VALORIZAÇÃO ORGÂNICA.....	5
2.3 CORRETIVOS AGRÍCOLAS	6
2.3.1 Composto	7
2.3.1.1 Tipos de composto.....	8
2.3.1.1.1 Composto obtido através de Resíduos Sólidos Urbanos (CRSU)	9
2.3.1.1.2 Composto obtido através de Resíduos Industriais Banais Orgânicos e Lamas (CRIBO)...	9
2.3.1.1.3 Composto obtido através de efluentes pecuários	9
2.3.1.1.4 Outros	9
2.3.1.2 Produções em Portugal	10
2.3.1.2.1 Composto obtido através de RSU (CRSU).....	10
2.3.1.2.2 Composto obtido através de RIBO's e Lamas (CRIBO).....	10

2.3.1.2.3	Composto obtido através de efluentes pecuários	11
2.3.1.3	Caracterização.....	11
2.3.1.3.1	Composto obtido através de RSU (CRSU)	11
2.3.1.3.2	Composto obtido através de RIBO's e Lamas (CRIBO)	13
2.3.1.3.3	Composto obtido através de efluentes pecuários	14
2.3.1.4	Destinos dos compostados produzidos em Portugal	15
2.3.1.5	Legislação	16
2.3.2	Lamas	16
2.3.2.1	Tipos de Lamas	17
2.3.2.2	Produções em Portugal.....	17
2.3.2.3	Destinos.....	18
2.3.2.4	Caracterização.....	19
2.3.2.5	Legislação	20
2.3.3	Efluentes pecuários	22
2.3.3.1	Diferentes tipos	22
2.3.3.2	Produções em Portugal.....	23
2.3.3.3	Destinos.....	23
2.3.3.4	Legislação	25
2.4	INIAV/LQARS	25
2.4.1	Histórico e importância do laboratório químico agrícola rebelo da silva.....	27
3.	Materiais e Métodos	29
3.1	TRATAMENTO DE DADOS.....	29
3.1.1	Contabilização no número de relatórios de ensaio e identificação o tipo de matriz a estudar 30	
3.1.2	Identificação dos parâmetros a analisar.....	31
3.1.3	Tratamento estatístico	32
3.1.4	Qualidade VS legislação.....	32

4. Resultados e Discussão	33
4.1 CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS MATRIZES	33
4.1.1 Composto de Resíduos Industriais Biodegradáveis Orgânicos (CRIBO)	38
4.1.2 Composto de Resíduos Sólidos Urbanos (CRSU)	43
4.1.3 Lamas	48
4.1.4 Efluentes Pecuários.....	55
4.2 QUALIDADE VS MATRIZ	59
4.3 QUALIDADE VS LEGISLAÇÃO - QUALIDADE EM RELAÇÃO AOS LIMITES EXIGIDOS POR LEI 62	
5. Conclusões.....	63
5.1 AS MATRIZES	63
5.2 LEGISLAÇÃO.....	64
6. Proposta Futura.....	65
6.1 DADOS.....	65
6.2 LEGISLAÇÃO.....	65
7. Referências Bibliográficas	67
8. Anexos.....	71
Anexo I – Dados LQARS CRIBO	71
Anexo II – Dados LQARS CRSU.....	79
Anexo III – Dados LQARS Lamas.....	83
Anexo IV – Dados LQARS Efluentes pecuários.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Destino dos Resíduos Urbanos Portugueses	5
Figura 2.2 – Distribuição dos teores em matéria orgânica nos solos da Europa	7
Figura 2.3 – Aspeto de uma central de compostagem em pista coberto	8
Figura 2.4 – Deposição de lamas no solo agrícola	19
Figura 2.5 – Aplicação de Efluentes Pecuários por aspersão	23
Figura 2.6 – Aplicação de Efluentes Pecuários por injeção no solo	24
Figura 3.1: Organograma das matrizes estudadas	30
Figura 4.1 – Distribuição em percentagem das amostras nas classes de acordo com os teores de metais pesados para CRIBO (mg/kg, sms) (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho)	42
Figura 4.2 – Distribuição em percentagem das amostras nas classes de acordo com os teores de metais pesados para CRSU (mg/kg, sms) (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho)	47
Figura 4.3 – Distribuição em percentagem das amostras nas classes de acordo com os teores de metais pesados para Lamas (mg/kg, sms) (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho)	53
Figura 4.4 – Distribuição em percentagem das amostras nas classes de acordo com os teores de metais pesados para Efluentes Pecuários (mg/kg, sms) (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho)	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Quantidades de RSU destinadas a compostagem entre 2010 e 2014 em Portugal Continental (toneladas).....	10
Tabela 2.2 – Variação (%) de Produção de composto derivado de RSU	10
Tabela 2.3 – Quantidade de RIBO e Lama com destino de compostagem entre 2010 e 2013	11
Tabela 2.4 – Características de diferentes CRSU presentes no mercado Nacional.....	12
Tabela 2.5 – Características de diferentes CRIBO presentes no mercado Nacional.....	13
Tabela 2.6 – Características de diferentes Efluentes Pecuários compostados presentes no mercado Nacional	14
Tabela 2.7 – Valores Limite de metais pesados para compostos de acordo com a concentração no solo (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho).....	16
Tabela 2.8 – Quantidades com destino a valorização agrícola e armazenamento temporário	18
Tabela 2.9 – Características médias de Lamas entre 2010 e 2015 (DRAP Algarve, Alentejo, LVT, Centro e Norte).....	19
Tabela 2.10 – Valores limite nas Lamas de acordo com o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de Outubro	21
Tabela 2.11 – Teores de referência para Efluentes Pecuários segundo espécies	24
Tabela 2.12 – Valores Limite para Efluentes Pecuários de acordo com a Portaria n.º31/2009	25
Tabela 3.1 – Distribuição por matriz dos relatórios de ensaio elaborados no período 2010-2015.....	30
Tabela 3.2 – Métodos de ensaio utilizados no LQARS para a determinação dos diferentes parâmetros	31
Tabela 4.1 – Valores de humidade (%) para Efluentes Pecuários (Varenes, 2003).....	33
Tabela 4.2 – Valores de Matéria orgânica em Efluentes Pecuários	35
Tabela 4.3 – Valores de C/N para Efluentes Pecuários (estrume) (Santos, 1991)	35
Tabela 4.4 – Teores de macronutrientes em diferentes Efluentes Pecuários (valores reportados à matéria original).....	36
Tabela 4.5 – Limites da presença de metais pesados nos corretivos orgânicos e lamas (mg/kg)	37
Tabela 4.6 – Evolução dos teores entre 2010 e 2015 de CRIBO	40
Tabela 4.7 – Análise dos teores médios de Composto RIBO entre 2010 e 2015	41

Tabela 4.8 – Evolução dos teores entre 2010 e 2015 de CRSU	45
Tabela 4.9 – Análise dos teores médios de CRSU entre 2010 e 2015.....	46
Tabela 4.10 – Evolução dos teores entre 2010 e 2015 de Lamas	50
Tabela 4.11 – Análise dos teores médios entre 2010 e 2015 de Lamas	51
Tabela 4.12 – Evolução dos teores entre 2010 e 2015 de Efluentes Pecuários	55
Tabela 4.13 – Análise dos teores médios de Efluentes Pecuários entre 2010 e 2015	57
Tabela 4.14 – Comparação entre os valores médios para as diferentes matrizes	61

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ARH	Administração da Região Hidrográfica
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CAP	Confederação dos Agricultores de Portugal
CCDR	Comissão de Coordenação do Desenvolvimento Regional
CNA	Confederação Nacional da Agricultura
CONFAGRI	Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola de Portugal
CRIBO	Composto obtido através de Resíduos Industriais Banais Orgânicos e Lamas
CRSU	Composto obtido através de Resíduos Sólidos Urbanos
CTADL	Comissão Técnica de Acompanhamento da Diretiva Lamas
DGADR	Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DGAE	Direção-Geral das Atividades Económicas
DGAV	Direção-Geral de Alimentação e Veterinária
DRAP	Direção Regional de Agricultura e Pescas
EAN	Estação Agronómica Nacional
EETA	Estação de Estudos de Tecnologia Animal
EFN	Estação Florestal Nacional
EN	Norma Europeia (<i>European Norm</i>)
ENMP	Estação de Melhoramento de Plantas
ENRRUBDA	Estratégia Nacional para Redução de Resíduos Urbanos Biodegradáveis Depositados em Aterro
ENTPA	Estação Nacional de Tecnologia de Produtos Agrários
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
EVN	Estação Vitivinícola Nacional
EZN	Estação Zootécnica Nacional
INIA	Instituto Nacional de Investigação Agrária

INIAER	Instituto Nacional de Investigação Agrária e Extensão Rural
INIAV	Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.
LER	Lista Europeia de Resíduos
LNIV	Laboratório Nacional de Investigação Veterinária
LQARS	Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva
MAM	Ministério da Agricultura e do Mar
MIRR	Mapa integrado de Registo de Resíduos
NP	Norma Portuguesa
PERSU	Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos
PGEP	Plano de Gestão de Efluentes Pecuários
PGL	Plano de Gestão de Lamas
RARU	Relatório Anual de Resíduos Urbanos
RIBO	Resíduo Industrial Banal Orgânico
RSU	Resíduo Sólido Urbano
RU	Resíduo Urbano
RUB	Resíduo Urbano Biodegradável
SIPACE	Sistema de Informação do Plano de Aprovação e Controlo dos Estabelecimentos
SPOA	Subproduto de Origem Animal
VO	Valorização Orgânica

INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVOS

Com a execução desta proposta de tese de mestrado, pretende-se estudar as características de diferentes tipos de corretivos orgânicos e lamas de depuração analisados no Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS), no período compreendido entre 2010 e 2015, de modo a fazer a sua caracterização físico-química, avaliar a sua evolução entre 2010-2015 e comparar esses resultados com os existentes a nível Nacional.

De uma forma geral, este trabalho pretende salientar a importância em existir uma caracterização físico-química atualizada dos diferentes tipos de corretivos orgânicos e lamas de depuração utilizados na valorização agrícola, uma vez que é importante conhecer que elementos químicos e respetivas concentrações são adicionadas ao solo de modo a preservar o ambiente.

1.2 MOTIVAÇÃO

A política ambiental de gestão de resíduos passou a ter grande importância em Portugal através do Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU I, PERSU II) e com este crescimento (RARU, 2014) torna-se importante que sejam assegurados fluxos de escoamento que não comprometam recursos naturais, tais como o solo. Para isto é necessário estudar e caracterizar estes produtos que poderão ser aplicados consistentemente no solo.

1.3 METODOLOGIAS

Para a realização deste trabalho foi realizado o tratamento dos dados de forma a obter resultados suficientes para conseguir a caracterização das diferentes matrizes. Para iniciar o processo de caracterização foram quantificados dados existentes no LQARS de 2010 a 2015. Em seguida estes dados foram tratados e uniformizados e procedeu-se à seleção de parâmetros a avaliar.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho apresentado está organizado em 8 capítulos, sendo que no segundo capítulo é feita uma análise ao estado da arte, é explicada a problemática ambiental associada à gestão de resíduos, são dadas definições e fundamentos do uso de corretivos orgânicos assim como as suas diferentes origens. Por outro lado, também é abordada a produção destes produtos em Portugal, os principais destinos de aplicação, a sua caracterização geral e a legislação aplicada.

No terceiro capítulo é descrito como foi efetuada a seleção dos dados a trabalhar e respetiva metodologia utilizada.

A apresentação de resultados bem como a sua discussão é elaborada no quarto capítulo e as conclusões são apresentadas no quinto capítulo.

No sexto capítulo são descritas quais foram as dificuldades que ocorreram durante a elaboração deste trabalho bem como propostas para futuros trabalhos.

Por fim, no sétimo capítulo é indicada a bibliografia consultada para a realização desta dissertação seguida do oitavo capítulo onde estão anexados os dados facultados pelo LQARS.

ESTADO DA ARTE

2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL E GESTÃO DE RESÍDUOS

A preocupação crescente da população mundial sobre a gestão de resíduos tem vindo a aumentar o número de diretrizes para o seu correto encaminhamento e manuseamento a nível urbano e industrial. Desde 14 de Junho de 1992, data em que foi aprovado em sessão plenária da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente o capítulo 21 da Agenda 21, tornou-se claro que todos os países do mundo devem dar prioridade ao desenvolvimento e investigação sobre métodos para gerir cada vez melhor todos os problemas associados à produção de resíduos (Russo, 2003; Pedra, 2007).

Até Fevereiro de 2007, Portugal utilizou o PERSU I (1997) como definidor de metas e objetivos. Este Plano estratégico foi preparado sob a responsabilidade do Instituto de Resíduos, tendo sido aprovado em 1997. A elaboração do PERSU I veio no seguimento da Diretiva 75/442/CEE que estabelecia a necessidade de elaborar planos de gestão de resíduos, devendo apresentar medidas em relação à prevenção e valorização de resíduos. Também foi criada em 2003 a Estratégia para a Redução de Resíduos Urbanos Biodegradáveis Depositados em Aterro (ENRRUBDA) (PERSU II, 2007).

O balanço deste PERSU I foi claramente positivo levando ao encerramento das lixeiras e criação de sistemas municipais de gestão de resíduos. Foram também criadas infraestruturas que permitiram proceder à valorização, eliminação e recolha seletiva de resíduos. Serviu também de guia através da criação de legislação específica e licenciamentos das respetivas entidades gestoras (PERSU II, 2007).

Após o fim do PERSU I surge o PERSU II que começou a elaboração em 2006 e finalizou em 2007 com a supervisão do Instituto Nacional de Resíduos (INR) e a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) com o intuito de fortalecer e adaptar as diretrizes para um horizonte de dez anos tendo término este ano, 2016. Nesta estratégia voltou a ser revista a ENRRUBDA (PERSU II, 2007).

Atualmente já se encontra em aprovação o plano PERSU 2020 que pretende continuar os trabalhos desenvolvidos pelos planos estratégicos anteriores. Os principais objetivos do PERSU 2020 deverão ser:

- Prevenção da produção e perigosidade dos Resíduos Urbanos (RU);
- Aumento da preparação para reutilização, da reciclagem e da qualidade dos recicláveis;
- Redução da deposição de RU em aterro;
- Valorização económica e escoamento dos recicláveis e subprodutos do tratamento dos RU;

- Reforço dos instrumentos económico-financeiros;
- Incremento da eficácia e capacidade institucional e operacional do setor;
- Reforço da investigação, do desenvolvimento tecnológico, da inovação e da internacionalização do setor;
- Aumento do contributo do setor para outras estratégias e planos nacionais.

O PERSU 2020 ainda define metas específicas para atingir até ao ano 2020 relativamente a alguns dos objetivos traçados e definidos acima:

- Até 31 de dezembro de 2020, alcançar uma redução mínima da produção de resíduos por habitante de 10% em peso relativamente ao valor verificado em 2012;
- Até 31 de dezembro de 2020, um aumento mínimo global para 50% em peso relativamente à preparação para a reutilização e a reciclagem de resíduos urbanos, incluindo o papel, o cartão, o plástico, o vidro, o metal, a madeira e os resíduos urbanos biodegradáveis;
- Até 31 de dezembro de 2020, garantir a reciclagem de, no mínimo, 70% em peso dos resíduos de embalagens;
- Até julho de 2020, os resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterro devem ser reduzidos para 35% da quantidade total, em peso, dos resíduos urbanos biodegradáveis produzidos em 1995.

Um resíduo é definido legalmente como uma substância que o produtor se desfaz, ou tem a intenção ou obrigatoriedade de se desfazer pelo Decreto – Lei nº 73/2011 de 17 de Junho.

Os resíduos orgânicos biodegradáveis são definidos no Decreto-Lei nº 183/2009, de 10 de Agosto, como os resíduos que podem sofrer uma decomposição biológica num processo aeróbio ou anaeróbio (Fernandes, 2012).

Na Figura 2.1 encontra-se a evolução dos destinos dos resíduos urbanos produzidos em Portugal fornecida no Relatório Anual de Resíduos Urbanos (RARU) de 2014. Os valores enviados para aterro têm vindo a decrescer ao longo do tempo assim como os enviados para compostagem têm crescido representando atualmente cerca de 21% (Tratamento mecânico e biológico (TMB) + valorização orgânica (VO) (RARU, 2014).

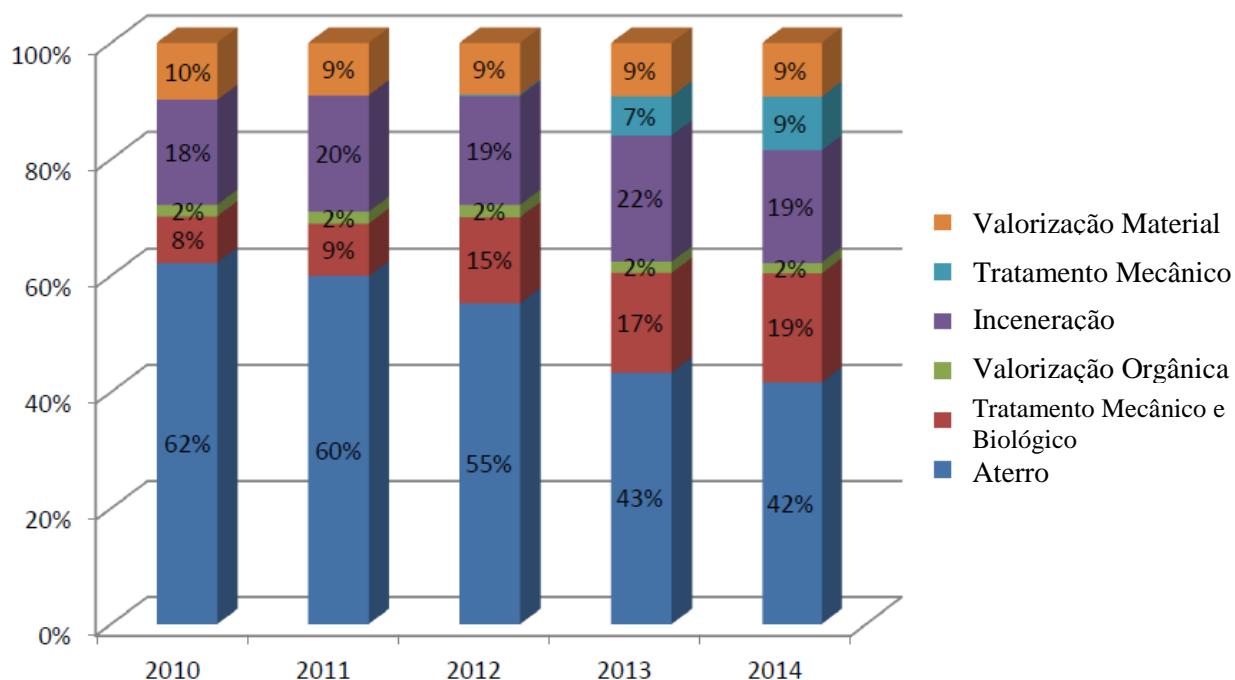


Figura 2.1 – Destino dos Resíduos Urbanos Portugueses
(fonte: RARU 2014)

2.2 VALORIZAÇÃO ORGÂNICA

As Lamas de depuração ou semelhantes são utilizadas há várias décadas na valorização agrícola e é natural que se registre uma tendência para aumentar ao longo do tempo devido à sua relevância como fonte de nutrientes e matéria orgânica (Varenes, 2003). Os custos de transporte deste produto são um dos aspetos significativos para a sua gestão e/ou valorização (Varenes, 2003).

Os custos de exploração das estações de tratamento de águas residuais urbanas (ETAR) e destino final (deposição e, ou valorização) das lamas produzidas assumem uma quota-parte muito significativa, estimada em cerca de 50% dos custos totais de exploração (Kroiss, H. 2005; Godinho, 2009).

Em Portugal produziram-se por ano, em 2001 e 2002, cerca de um milhão de toneladas de lamas provenientes de ETAR (200 000 t de matéria seca), que tiveram como destinos finais principais a valorização agrícola (39%) e a deposição em aterro (33%) (Inspeção Geral do Ambiente e de Ordenamento do Território, IGAOT, 2004). Por outro lado, em 2007 produziram-se cerca de 236 000 toneladas de matéria seca (Godinho, 2009). Desde 1986 que existe a Diretiva n.º 86/278/CEE para regular os estados membros nos limites de metais pesados que podem ser incluídos nos solos e também a quantidade máxima de lamas a aplicar no solo.

2.3 CORRETIVOS AGRÍCOLAS

Define-se no Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho que um corretivo agrícola é uma matéria fertilizante cuja função principal é a de melhorar as características físicas, químicas e, ou, biológicas do solo, com vista ao bom desenvolvimento das plantas.

Santos (1991) refere que os adubos são normalmente os principais responsáveis pela quantidade e qualidade das culturas obtidas nas práticas agrícolas mas a sua função só é realizada de forma eficaz se não houverem outro tipo de limitações ao desenvolvimento das plantas no solo. No entanto, quando estas limitações existem será necessário recorrer à aplicação de matérias fertilizantes a que se dá o nome de corretivo agrícola. As substâncias utilizadas como corretivos têm quase sempre elementos interessantes para a nutrição das plantas oferecendo alguma fertilização direta mas o seu intuito é a melhoria indireta na produção agrícola através das melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos.

Por outro lado, Varennes (2003) indica que os corretivos são substâncias sem propriedades fertilizantes que se destinam às mesmas funções, se e quando têm propriedades fertilizadoras devem ser consideradas secundárias em relação à sua função principal.

Os corretivos agrícolas subdividem-se em três categorias: minerais, orgânicos e outros corretivos (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho). Um corretivo mineral é usado com a principal função de regular o pH de um solo (Santos, 1991). O corretivo orgânico é usado para aumentar ou pelo menos manter os níveis de matéria orgânica no solo cuja presença no solo desempenha uma função extremamente importante em aspetos (físicos, químicos e biológicos) da sua fertilidade (Santos, 1991). Os corretivos condicionadores são os menos recorrentes e têm a função de regular a característica de retenção de água de uma forma apropriada à cultura (Santos, 1991).

Corretivo orgânico é um corretivo agrícola de origem vegetal ou de origem animal, sendo que a sua utilização é feita normalmente com o intuito de aumentar o nível de matéria orgânica no solo (Decreto-Lei n.º 103/2015).

Atualmente existem vários resíduos que depois de transformados poderão funcionar como corretivo orgânico. Os principais corretivos orgânicos utilizados na agricultura são os compostos orgânicos, as lamas de depuração e os efluentes pecuários. Existe ainda um quarto fluxo de produtos que já não são associados a resíduos, mas que atualmente são utilizados como corretivos agrícolas tais como os os guanos ou substratos vegetais (APA, 2013; DGADR, 2015; DGAV, 2015 ; DGAE, 2015).

Através da Figura 2.2 é possível identificar que os solos em Portugal estão entre os mais pobres da Europa no que refere aos teores de matéria orgânica e por isso os produtos estudados neste trabalho poderão dar um excelente contributo para manter ou aumentar os valores de matéria orgânica no solo.

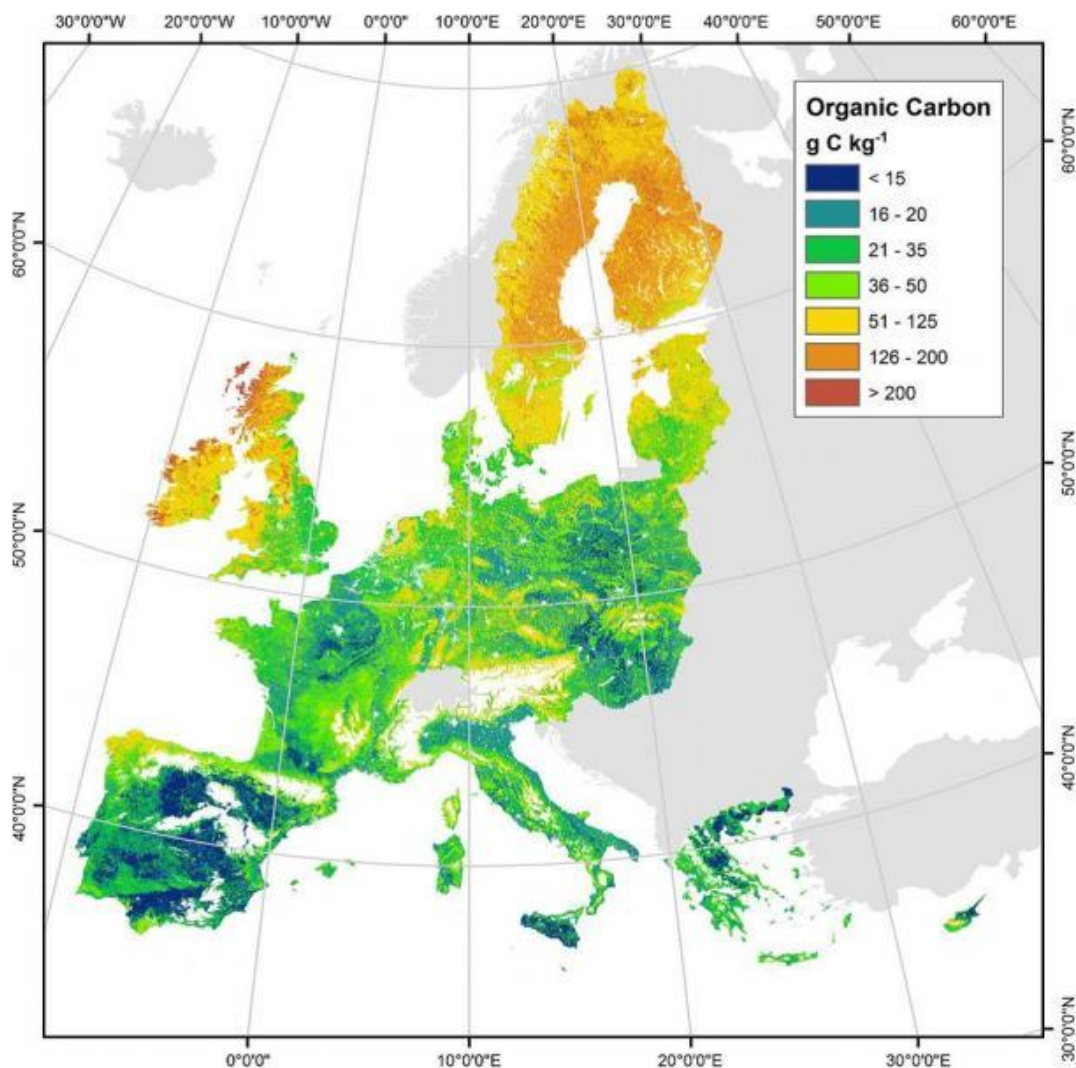


Figura 2.2 – Distribuição dos teores em matéria orgânica nos solos da Europa
(Fonte : Centro Comum de Investigação da Comunidade Europeia, 2002)

2.3.1 COMPOSTO

Segundo o Decreto-Lei n.º 103/2015 a compostagem consiste na degradação biológica aeróbia de resíduos orgânicos até à sua estabilização, produzindo uma substância húmica, conhecida por composto, utilizável como corretivo orgânico do solo. Do processo de compostagem pode-se formar:

- a) Composto fresco – Produto resultante do processo de compostagem em que a fração orgânica sofreu uma decomposição apenas parcial, tem de estar higienizada mas sem o processo de estabilização concluído, portanto pode ainda ocorrer libertação temporária de fitotoxinas.
- b) Composto maturado – Produto resultante do processo de compostagem aeróbia em que a fração de matéria orgânica está higienizada e em adiantada fase de humificação ou de estabilização, e a

sua biodegradabilidade reduziu-se de tal forma que é negligenciável o seu potencial de produção de fitotoxinas e de calor. (Decreto-Lei n.º 103/2015).

Para além destas definições os compostos são classificados no Decreto-Lei n.º 103/2015 em quatro classes diferentes que determinam a sua qualidade e respetiva aplicabilidade a diferentes tipos de cultura, de uma classe com uso mais geral para uma classe com um uso mais restrito. Está desta forma:

- Classe I e II – Uso em todo tipo de agricultura;
- Classe IIA – Uso restrito a culturas agrícolas arbóreas e arbustivas, nomeadamente pomares, olivais e vinhas e ainda espécies silvícolas.
- Classe III – Uso restrito a solos onde não se pretenda implantar culturas destinadas à alimentação animal ou humana.

Na Figura 2.3 temos um caso de uma central de compostagem em túnel coberto, o túnel é usado para suportar maiores teores de humidade e a cobertura serve para evitar lixiviação dos resíduos à entrada dos tuneis.



*Figura 2.3 – Aspeto de uma central de compostagem em pista coberto
(fonte: jornal de notícias “o Almonda”)*

2.3.1.1 Tipos de composto

Em Portugal existem 32 entidades que produzem vários tipos de composto (SIPACE, 2015; APA, 2013). O tipo de composto será definido conforme os tipos de resíduos que são usados na compostagem ou o processo que é usado (SIPACE, 2015; APA, 2013). Os diferentes tipos de compostos encontrados foram baseados na lista do Sistema de Informação do Plano de Aprovação e Controlo dos Estabelecimentos (SIPACE) e Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (SIPACE, 2015; APA, 2013). Dessa lista identificaram-se os quatro diferentes tipos de compostos.

2.3.1.1.1 Composto obtido através de Resíduos Sólidos Urbanos (CRSU)

Em Portugal Continental, das 42 entidades existentes, 14 são representadas por Instituições com participação Pública dedicadas ao tratamento de resíduos sólidos Urbanos (RSU) as entidades que têm maior expressão são a ALGAR – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A., a LIPOR – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto e Valorsul – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos das Regiões de Lisboa e do Oeste, S.A. (SIPACE,2015; APA, 2013).

2.3.1.1.2 Composto obtido através de Resíduos Industriais Banais Orgânicos e Lamas (CRIBO)

Existem oito entidades em Portugal Continental que produzem composto através de resíduos industriais banais orgânicos (RIBO), lamas e resíduos verdes. Este processo permite tratar resíduos em que a sua caracterização não permite que o destino direto seja o solo. (SIPACE,2015; APA, 2013).

2.3.1.1.3 Composto obtido através de efluentes pecuários

Devido à obrigatoriedade em controlar os resíduos produzidos na produção de suínos, aves/ovos, bovinos/Leite e ovinos através do Regime do Exercício da Atividade Pecuária (REAP) (Decreto-Lei n.º 214/2008), seis entidades decidiram aproveitar esses resíduos como matéria-prima para valorizar através da compostagem (SIPACE,2015; APA, 2013).

2.3.1.1.4 Outros

Por fim as últimas quatro empresas encontradas nesta lista dedicam-se a outros fins pouco relevantes para os fluxos de resíduos. Estão mais dedicadas à produção de substratos ou produtos de outra génese, restos de cogumelos ou guanos que consistem em estrumes naturais de aves marinhas, morcegos ou até estrume de focas compostados (SIPACE,2015; APA, 2013).

2.3.1.2 Produções em Portugal

2.3.1.2.1 Composto obtido através de RSU (CRSU)

Atualmente não existem dados disponíveis em Portugal Continental que permita estimar as produções de CRSU, por este motivo apenas foi possível estimar a quantidade de resíduos destinados ao processo de compostagem.

De acordo com o RARU (2014) em 2014 (Tabela 2.1) foram compostados cerca de 63 164 toneladas de RSU.

Tabela 2.1 – Quantidades de RSU destinadas a compostagem entre 2010 e 2014 em Portugal Continental (toneladas)

Produção de composto a partir de...	2010	2011	2012	2013	2014
RUB - recolhido seletivamente	13 093	11 817	13 005	13 273	14 737
RU - recolha indiferenciada	35 607	54 718	43 488	47 558	48 427
Total	48 700	66 535	56 493	60 831	63 164

Entre 2010 e 2014 a variação de Resíduos Urbanos com destino a compostagem oscilou significativamente como é mostrado na Tabela 2.2. Em 2011 deu-se o valor mais alto alguma vez registado devido principalmente ao aumento de recolha indiferenciada mas sofreu um abaixamento de 15% entre 2011 e 2012. A partir de 2012 as toneladas destinadas a compostagem têm vindo a aumentar estando muito próximas do pico de 2011. No RARU 2014 é ainda referido que 51% do composto produzido terá sido vendido.

Tabela 2.2 – Variação (%) de Produção de composto derivado de RSU

Produção de composto	2010	2011	2012	2013	2014
Variação em relação ao ano anterior	0,0	36,6	-15,1	7,7	3,8

2.3.1.2.2 Composto obtido através de RIBO's e Lamas (CRIBO)

As quantidades de CRIBO produzidas em Portugal Continental não estão contabilizadas oficialmente, existindo apenas dados sobre as quantidades de resíduos que tiveram como destino o processo de

compostagem Segundo o relatório “Gestão de Lamas de Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas 2010 – 2013” (APA, 2013).

Em Portugal Continental foram utilizados para compostagem (R3) cerca de 230 mil toneladas de RIBO’s e lamas entre 2010 e 2013.

Tabela 2.3 – Quantidade de RIBO e Lama com destino de compostagem entre 2010 e 2013

Ano	MIRR	Total	R3**	
	Código*	t	t	%
2010	B	302 634	59 151	20%
2010	C1	266 634	50 232	19%
2011	B	373 611	68 283	18%
2011	C1	350 701	46 204	13%
2012	B	428 884	88 203	21%
2012	C1	327 486	56 317	17%
2013	B	371 975	88 474	24%
2013	C1	377 357	83 401	22%

*O código B significa o valor inserido pelo produtor de resíduos e o código C1 é o valor inserido pelo gestor do resíduo no Mapa Integrado de Registo de Resíduos (MIRR).

** R3 – Compostagem.

2.3.1.2.3 Composto obtido através de efluentes pecuários

Não existem dados oficiais públicos sobre as quantidades de composto produzido através de subprodutos de origem animal e através do Portal da Direção Geral da Alimentação e Veterinária só foi encontrado um produtor que utiliza subprodutos de origem animal para compostagem (SIPACE, 2015).

2.3.1.3 Caracterização

2.3.1.3.1 Composto obtido através de RSU (CRSU)

Para caracterizar os CRSU produzidos a nível Nacional utilizou-se os teores declarados dos compostos de entidades que têm produtos no mercado nacional e que têm maior expressão em Portugal Continental (Tabela 4).

A partir dessa Tabela, observa-se que não existe uma uniformização de como devem ser apresentados os resultados e quais os parâmetros a ser indicados nas respetivas fichas informativas, técnicas ou rótulos. Apesar disso, nota-se um cuidado para que seja evidenciado o cumprimento da legislação em vigor.

Tabela 2.4 – Características de diferentes CRSU presentes no mercado Nacional

Marca Entidade Apresentação	Teores declarados CRSU			Classificação*			
	Ricaterra Valorsul (polvorento)	Nutriverde Algar (polvorento)	Nutrimais Lipor (polvorento)	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Massa Volúmica Aparente (kg/dm ³)	0,729	0,68	-	-	-	-	-
Grau de Maturação	V	-	V	-	-	-	-
Inertes Antropogénicos (%)	1,2	0,15	0,2	<0,5	<1	<2	<3
Carbono Total (C)	-	18,5	-	-	-	-	-
C/N	9	18	15	-	-	-	-
Humidade (%)	35	30	40	-	-	-	-
Matéria Orgânica (%)	42	33	40	>30	>30	>30	>30
pH (H ₂ O)	8,4	8,5	6 a 8,5	-	-	-	-
Condutividade elétrica 1:5 a 25°C	-	1,8	3	-	-	-	-
Azoto total (N) (%)	2,4	1	1,1	-	-	-	-
Fósforo Total (P ₂ O ₅) (%)	10	0,6	0,7	-	-	-	-
Potássio Total (K ₂ O) (%)	1	0,83	0,7	-	-	-	-
Cálcio Total (CaO) (%)	22	5,3	5	-	-	-	-
Magnésio Total (MgO) (%)	2	0,6	0,5	-	-	-	-
Enxofre Total (S) (%)	< 3,3	0,21	-	-	-	-	-
Boro Total (B) (mg/kg)	26,1	357,5	-	-	-	-	-
Ferro Total (Fe) (mg/kg)	-	8 600	-	-	-	-	-
Crómio Total (Cr) (mg/kg)	26	17,5	<100	<100	<150	<300	<500
Cádmio Total (Cd) (mg/kg)	1,4	0,2	<0,7	<0,7	<1,5	<3	<5
Cobre Total (Cu) (mg/kg)	94	18,5	<100	<100	<200	<400	<600
Níquel Total (Ni) (mg/kg)	-	12,5	<50	<50	<100	<200	<200
Chumbo Total (Pb) (mg/kg)	14	16	<100	<100	<150	<300	<500
Zinco Total (Zn) (mg/kg)	340	67,5	<200	<200	<500	<1 000	<1 500
Mercúrio Total (Hg) (mg/kg)	0,2	0,4	<0,7	<0,7	<1,5	<3	<5
<i>Salmonella spp.</i>	ausente em 25g	ausente em 25g	ausente em 25g	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	-	620	500	-	-	-	-
Sementes e Infestantes	0	0	-	-	-	-	-
Granulometria mm	< 10	-	-	-	-	-	-
Pedras >5mm	-	3,95	-	<5	<5	<5	-
Classe	IIA	I	I	-	-	-	-

*Classificação segundo Decreto-Lei n.º 103/2015

** Espaços preenchidos com “-” indicam as omissões por parte dos produtores.

2.3.1.3.2 Composto obtido através de RIBO's e Lamas (CRIBO)

Após uma consulta efetuada nos *sites* oficiais da internet de cada produtor observou-se que muitos não disponibilizam as características dos compostos que estão a vender e que os que disponibilizam, tal como CRSU, não se encontram uniformizados (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 – Características de diferentes CRIBO presentes no mercado Nacional

Apresentação	Teores Declarados CRIBO			Classificação*			
	Produto 1 (polvorento)	Produto 2 (granulado)	Produto 3 (polvorento)	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Massa Volúmica Aparente kg/dm ³	-	-	772	-	-	-	-
Grau de Maturação	-	-	V	-	-	-	-
Inertes Antropogénicos %	-	-	0,83	<0,5	<1	<2	<3
Carbono Total (C)	-	-	11,83	-	-	-	-
C/N	9,8	11	13,73	-	-	-	-
Humidade %	26,5	10,6	30,2	-	-	-	-
Matéria Orgânica %	60,2	55,1	31,7	>30	>30	>30	>30
pH (H ₂ O)	9,02	8,53	7,52	-	-	-	-
Condutividade elétrica (mS/cm)	2,5	6,3	3,4	-	-	-	-
Azoto total (N) %	2,9	2,8	1,8	-	-	-	-
Fósforo Total (P ₂ O ₅) %	1,1	1,5	1,9	-	-	-	-
Potássio Total (K ₂ O) %	2,5	2,7	2,2	-	-	-	-
Cálcio Total (CaO) %	3,8	4,8	12,0	-	-	-	-
Magnésio Total (MgO) %	0,5	0,6	0,7	-	-	-	-
Enxofre Total (S) %	-	-	2,03	-	-	-	-
Boro Total (B) mg/kg	-	-	31,2	-	-	-	-
Ferro Total (Fe) mg/kg	-	-	2000	-	-	-	-
Crómio Total (Cr) mg/kg	-	-	10,7	<100	<150	<300	<500
Cádmio Total (Cd) mg/kg	-	-	0,69	<0,7	<1,5	<3	<5
Cobre Total (Cu) mg/kg	-	-	95,17	<100	<200	<400	<600
Níquel Total (Ni)	-	-	11,42	<50	<100	<200	<200
Chumbo Total (Pb) mg/kg	-	-	8,25	<100	<150	<300	<500
Zinco Total (Zn) mg/kg	-	-	196,7	<200	<500	<1 000	<1 500
Mercúrio Total (Hg) mg/kg	-	-	0,03	<0,7	<1,5	<3	<5
<i>Salmonella spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia colli</i>	-	-	-	-	-	-	-
Sementes e Propágulos.	-	-	-	-	-	-	-
Granulometria mm	-	-	-	-	-	-	-
Pedras >5mm	-	-	-	<5	<5	<5	<5
Classe	-	-	II	-	-	-	-

*Classificação segundo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de Junho

** Espaços preenchidos com “-” indicam as omissões por parte dos produtores.

Verificou-se que também que ocasionalmente não são disponibilizados os teores de metais pesados existentes impossibilitando a sua classificação segundo a legislação em vigor.

Para além disso, observou-se que um dos compostos ultrapassa o limite de pH imposto pelo Decreto-Lei nº 103/2015 de 15 de junho.

Através da lista de compostos autorizados e classe de qualidade utilizada pela APA (2013) observou-se que atualmente estão no mercado 10 compostos autorizados e classificados. Dos produtos presentes na lista um pertence à classe I, oito pertencem à classe II e um pertence à classe IIA. É de salientar que nesta lista não são apresentados os parâmetros físico-químicos, sendo apenas disponibilizada a classificação segundo o Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho.

2.3.1.3.3 Composto obtido através de efluentes pecuários

A avaliação das características dos diferentes compostos obtidos através de efluentes pecuários foi mais complicada uma vez que a maior parte deles não revela os teores declarados nos seus sites oficiais. No entanto dos dados obtidos, constata-se, tal como nos CRIBO e lamas, por vezes não são disponibilizados os teores de metais pesados existentes impossibilitando a sua classificação segundo a legislação em vigor. Por outro lado, observa-se também que não existe uma uniformização de como devem ser apresentados os resultados e quais os parâmetros a ser indicados nas respetivas fichas informativas, técnicas ou rótulos (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 – Características de diferentes Efluentes Pecuários compostados presentes no mercado Nacional

Apresentação	Teores Declarados de Efluentes Pecuários compostados			Classificação*			
	Produto 1 (granulado)	Produto 2 (granulado)	Produto 3 (polvorento)	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Massa Volúmica Aparente kg/dm ³	-	-	-				
Grau de Maturação	-	-	-				
Inertes							
Antropogénicos %	-	-	-	<0,5	<1	<2	<3
Carbono Total (C)	-	-	-				
C/N	-	13	-				
Humidade %	12	25-32	50				
Matéria Orgânica %	-	60-70	-	>30	>30	>30	>30
pH (H ₂ O)	6,5	6,5-8	-				
Condutividade elétrica (mS/cm)	85	4,5-6,5	-				
Azoto total (N) %	3,5	2,84	-				
Fósforo Total (P ₂ O ₅) %	3	2-2,5	-				
Potássio Total (K ₂ O) %	3	2,5-3,5	-				
Cálcio Total (CaO) %	-	9,26	-				

Teores Declarados de Efluentes Pecuários compostados				Classificação*			
Apresentação	Produto 1 (granulado)	Produto 2 (granulado)	Produto 3 (polvorento)	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Magnésio Total (MgO) %	1,3	0,38	-				
Enxofre Total (S) %	-	-	-				
Boro Total (B) mg/kg	-	-	-				
Ferro Total (Fe) mg/kg	-	-	-				
Crómio Total (Cr) mg/kg	-	-	-	<100	<150	<300	<500
Cádmio Total (Cd) mg/kg	-	-	-	<0,7	<1,5	<3	<5
Cobre Total (Cu) mg/kg	-	-	-	<100	<200	<400	<600
Níquel Total (Ni)	-	-	-	<50	<100	<200	<200
Chumbo Total (Pb) mg/kg	-	-	-	<100	<150	<300	<500
Zinco Total (Zn) mg/kg	-	-	-	<200	<500	<1 000	<1 500
Mercúrio Total (Hg) mg/kg	-	-	-	<0,7	<1,5	<3	<5
<i>Salmonella spp.</i>	-	-	-				
<i>Escherichia coli</i>	-	-	-				
Sementes e Propágulos de Infestantes uni.	-	-	-				
Granulometria mm	-	-	-				
Pedras >5mm	-	-	-	<5	<5	<5	-
Classe	-	-	-				

*Classificação segundo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho

** Espaços preenchidos com “-“ indicam as omissões por parte dos produtores.

2.3.1.4 Destinos dos compostados produzidos em Portugal

Não existem dados oficiais sobre o destino final dos compostados em Portugal, no entanto este assunto será avaliado no quarto capítulo deste trabalho onde será efetuado um provável fluxo através da classificação efetuada pelo Decreto-Lei 103/2015 de 15 de Junho.

Assumindo que o destino final dos produtos compostados é definido preferencialmente pela classe que estes apresentam segundo o Decreto-Lei 103/2015 de 15 de Junho, constata-se nos CRSU que o composto produzido na VALORSUL deverá ter a sua aplicação limitada às culturas agrícolas arbóreas e arbustivas. Os restantes CRSU não têm qualquer restrição de utilização e por isso o seu destino final deverá ser para qualquer tipo de agricultura (Tabela 2.6).

Foi seguido a mesma linha de raciocínio para os CRIBO e compostos obtidos através de efluentes pecuários e constatou-se que nenhum desses produtos estão limitados na sua aplicação, contudo o

produto 3 dos compostados de efluentes pecuários apresenta um teor em humidade superior ao exigido por Lei (Tabelas 2.5 e 2.6).

2.3.1.5 Legislação

A legislação aplicável para estas matérias fertilizantes foi oficializada através do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Apesar de esta legislação ser recente, observou-se que desde de 2001 as entidades competentes e os produtores guiavam-se pela publicação não oficial do documento “Proposta de Norma Portuguesa sobre a qualidade do composto para utilização na agricultura” (Gonçalves, 2001).

Na Tabela 2.7 encontram-se os valores associados à colocação de composto bem como os fatores que regulam a sua quantidade a aplicar no solo.

Tabela 2.7 – Valores Limite de metais pesados para compostos de acordo com a concentração no solo (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho)

Parâmetro	Concentração nos solos (mg/kg)			Valores limite nos Compostos (mg/kg) **	Valores limite a aplicar no solo (kg/ha/ano) ***
	pH ≤ 6	6 < pH ≤ 7	pH > 7		
Cobre	20	50	100	600	3
Zinco	60	150	200	1 500	7,5
Níquel	15	50	70	200	0,9
Crómio	30	60	100	400	3
Cádmio	0.5	1	1.5	5	0,03
Chumbo	50	70	100	500	2,25
Mercúrio	0.1	0.5	1	5	0,03

(*) Os valores microbiológicos contemplam a ausência de *Salmonella* spp. Ausente em 25g de matéria de fertilizante produzida e valores inferiores a 1000 células/g de matéria fertilizante de *Escherichia coli*.

(**) Valores máximos para a classe III.

(***) Estas quantidades dependem das características do fertilizante, bem como do solo em que irá ser aplicado; as quantidades indicadas referem -se a valores médios de metais pesados incorporados ao solo num período de 10 anos de aplicação do fertilizante.

2.3.2 LAMAS

Lamas é o nome dado ao produto obtido através do tratamento de águas residuais ou efluentes industriais. A remoção dos sólidos suspensos e dissolvidos nesses objetos de tratamento originam um produto composto por água e sólidos. Estes resíduos ganharam grande expressão com o plano de desenvolvimento rural que previa o aumento de eficiência destes processos passando de 50% para 90% de eficiência devido ao estabelecido na diretiva 91/271/CEE (Pedra, 2007).

2.3.2.1 Tipos de Lamas

Existem vários tipos de lama objetos de valorização agrícola. Contudo, não foi possível fazer essa distinção neste trabalho uma vez que por vezes os clientes do LQARS não identificam corretamente a natureza da lama que pretendem ser analisada. Segundo o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro existem 2 tipos de lamas:

- Lamas de depuração;
Todas as lamas provenientes ETAR's domésticas, urbanas e de outras estações de tratamento de águas residuais de composição semelhante. As lamas de fossas sépticas também se incluem nesta categoria bem como as lamas provenientes de ETAR de atividade agropecuária;
- Lamas de composição similar;
Lamas produzidas no tratamento de efluentes de atividades de preparação e processamento de frutos, legumes, cereais, óleos alimentares, cacau, café, chá, tabaco, da produção de conservas, da produção de levedura e extrato de levedura e da preparação e fermentação de melaços. Estas lamas estão classificadas, na Lista Europeia de Resíduos (LER) com o código 020305, prevista na Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

Estão ainda incluídas no mesmo Decreto-Lei os seguintes tipos de lamas:

- a) Lamas provenientes do tratamento de efluentes do processamento do açúcar, de acordo com a classificação da LER 020403;
- b) Lamas provenientes do tratamento de efluentes da indústria de laticínios, nos termos da classificação da LER 020502;
- c) Lamas provenientes do tratamento de efluentes da indústria de panificação, pastelaria e confeitaria, segundo a classificação da LER 020603;
- d) Lamas provenientes do tratamento de efluentes da produção de bebidas alcoólicas e não alcoólicas, excluindo café, chá e cacau, de acordo com a classificação da LER 020705;
- e) Lamas provenientes do tratamento de efluentes da produção e transformação da pasta para papel, papel e cartão, nos termos da classificação da LER 030311.

2.3.2.2 Produções em Portugal

Na Tabela 2.8 estão representadas as quantidades de lamas que tiveram como destino a operação de valorização agrícola (R10) e armazenamento temporário a aguardar valorização agrícola (R13) O código R13 significa que o resíduo é armazenado temporariamente enquanto aguarda uma das opções de

tratamento, no entanto normalmente o destino praticado é a valorização agrícola. Este processo é articulado desta forma devido às questões climáticas, uma vez que a valorização agrícola de lamas está proibida entre novembro e janeiro (Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de Outubro).

Tabela 2.8 – Quantidades com destino a valorização agrícola e armazenamento temporário

Ano	MIRR*	Total (t)		R10		R13	
		t		t	%	t	%
2010	B**	302 634		168 953	56%	71 363	24%
2010	C1***	266 634		135 995	51%	80 407	30%
2011	B	373 611		129 494	35%	171 643	46%
2011	C1	350 701		115 251	33%	184 469	53%
2012	B	428 884		115 500	27%	223 459	52%
2012	C1	327 486		101 608	31%	169 561	52%
2013	B	371 975		104 511	28%	174 138	47%
2013	C1	377 357		97 049	26%	196 856	52%

(*) Mapa integrado de gestão de resíduos (MIRR) é a plataforma que regista as produções e destinos dos resíduos.

(**) “B” diz respeito ao valor introduzido pelo produtor do resíduo

(***) “C1” diz respeito ao valor introduzido pelo responsável do tratamento do resíduo (operador)

Através da tabela acima é possível analisar que cada vez mais são encaminhados resíduos para valorização agrícola, aumentando de 2010 até 2013 cerca de 40%.

Apesar desta informação, continua a haver uma falha entre os resíduos produzidos e os resíduos tratados, com uma discrepância aproximada em média de 20%. Este fenómeno é explicado através de dados mal inseridos na plataforma MIRR, ou podemos estar na presença de gestão ilegal de lamas (APA, 2013).

2.3.2.3 Destinos

Em Portugal, a valorização agrícola tem sido o destino final preferencial das lamas, no entanto essas poderão ter como destino a compostagem (R3) (APA, 2013). Essa valorização para ser efetuada terá que seguir o Plano de Gestão de Lamas (PGL) que deverá ser aprovado pela Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR).

Na Figura 2.4 é possível observar o processo de deposição das lamas em solos. Posteriormente essas serão espalhadas e integradas no solo através do uso de alfaias agrícolas.



Figura 2.4 – Deposição de lamas no solo agrícola
(fonte: DRAP Centro)

2.3.2.4 Caracterização

Atualmente não existe uma base de dados Nacional pública com a caracterização físico-química das lamas que são utilizadas na valorização agrícola. No entanto, com a colaboração da DGADR foi possível analisar vários dados, referentes a 437 amostras de lamas de depuração provenientes dos pedidos de GPL's que as diferentes DRAP de Portugal Continental receberam no período entre 2010-2015.

Tabela 2.9 – Características médias de Lamas entre 2010 e 2015 (DRAP Algarve, Alentejo, LVT, Centro e Norte)

Apresentação	Teores Declarados de Lamas			Classificação*	
	Lamas	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Massa Volúmica Aparente kg/dm ³	-				
Grau de Maturação	-				
Inertes Antropogénicos %	-	<0,5	<1	<2	<3
Carbono Total (C)	29,8				
C/N	8,01				
Humidade %	71,3				
Matéria Orgânica %	51,9	>30	>30	>30	>30
pH (H ₂ O)	10,4				
Condutividade elétrica (mS/cm)	-				
Azoto total (N) %	3,72				
Fósforo Total (P ₂ O ₅) %	1,39				
Potássio Total (K ₂ O) %	0,29				
Cálcio Total (CaO) %	11,5				

Apresentação	Teores Declarados de Lamas			Classificação*	
	Lamas	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Magnésio Total (MgO) %	0,38				
Enxofre Total (S) %	-				
Boro Total (B) mg/kg	-				
Ferro Total (Fe) mg/kg	-				
Crómio Total (Cr) mg/kg	78,5	<100	<150	<300	<500
Cádmio Total (Cd) mg/kg	3,28	<0,7	<1,5	<3	<5
Cobre Total (Cu) mg/kg	173	<100	<200	<400	<600
Níquel Total (Ni)	34,2	<50	<100	<200	<200
Chumbo Total (Pb) mg/kg	60,0	<100	<150	<300	<500
Zinco Total (Zn) mg/kg	526	<200	<500	<1 000	<1 500
Mercurio Total (Hg) mg/kg	0,86	<0,7	<1,5	<3	<5
<i>Salmonella spp.</i>	0,05				
<i>Escherichia coli</i>	82,4				
Sementes e Propágulos de Infestantes uni.	-				
Granulometria mm	-				
Pedras >5mm	-	<5	<5	<5	-
Classe	IIA				

2.3.2.5 Legislação

O enquadramento da valorização agrícola de lamas de depuração é regido pelo Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro, e tem como objetivo que a aplicação de lamas em solos evite efeitos nocivos para o homem, para os recursos hídricos, para os solos, para a vegetação, para os animais e ambiente através de uma correta utilização. O Decreto-Lei acima referido revogou o Decreto-Lei n.º 118/2006, de 21 de junho (DGADR, 2015).

Recentemente através do Despacho n.º 8400/2015 de 22 de julho foi criada a Comissão Técnica de Acompanhamento da Diretiva Lamas (CTADL). Esta equipa é composta por elementos da Direção-Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), APA, Direção Regional da Agricultura e Pescas (DRAP), INIAV, I.P., Comissão de Coordenação do Desenvolvimento Regional (CCDR) e Administração da Região Hidrográfica (ARH/ instituição da APA) e tem como objetivo direcionar a correta implantação do Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro.

Por outro lado, no Despacho n.º 10182/2015 de 11 de setembro, foi determinado a criação de um Grupo de Trabalho de Lamas (GTL). Este novo grupo de trabalho conta com a representação da DGADR, um elemento de cada DRAP, Confederação dos Agricultores de Portugal (CAP), Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola de Portugal (CONFAGRI), Confederação Nacional da Agricultura (CNA) e INIAV, I.P. e tem como objetivo encontrar as melhores soluções para problemas relacionados com a agricultura, integrar a investigação científica, clarificar conceitos e simplificar e uniformizar procedimentos necessários e burocracia adjacente.

A qualidade das lamas e a sua correta gestão/aplicação pode significar um modo sustentável de encaminhar esta matéria orgânica. É nesse sentido que parte a ENRRUBDA, apresentada em julho de 2003, que procura reduzir a 100% o encaminhamento de lamas para aterros.

Para avaliar corretamente a sua qualidade é necessário ter conhecimento das suas características físico-químicas, no qual se destaca o grau de estabilidade da matéria orgânica, a concentração de metais pesados, a concentração de compostos orgânicos e a composição microbiológica. Atualmente o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de Outubro define unicamente os valores limite para os metais pesados (Tabela 2.10), compostos orgânicos e microorganismos.

Tabela 2.10 – Valores limite nas Lamas de acordo com o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de Outubro

Parâmetro	Concentração nos solos (mg/kg)			Valores limite nas lamas (mg/kg)	Valores limite a aplicar no solo (kg/ha/ano) **
	pH ≤ 5,5	5,5 < pH ≤ 7	pH > 7		
Cádmio	1	3	4	20	0,15
Cobre	50	100	200	1 000	12
Níquel	30	75	110	300	3
Chumbo	50	300	450	750	15
Zinco	150	300	450	2 500	30
Mercúrio	1	1,5	2	16	0,1
Crómio	50	200	300	1 000	4,5

(*)Os valores microbiológicos contemplam a ausência de *Salmonella* spp. Ausente em 50g de matéria de fertilizante produzida e valores inferiores a 1000 células/g de matéria fertilizante de *Escherichia coli*.

(**)Estas quantidades dependem das características do fertilizante, bem como do solo em que irá ser aplicado; as quantidades indicadas referem -se a valores médios de metais pesados incorporados ao solo num período de 10 anos de aplicação do fertilizante.

2.3.3 EFLUENTES PECUÁRIOS

Toda a atividade pecuária é criadora de resíduos e de subprodutos de origem animal com grande interesse agronômico devido à elevada concentração de macronutrientes mais especificamente teores elevados de azoto (N).

O Decreto-Lei n.º 214/2008 de 10 de Novembro define que os efluentes pecuários são o somatório de estrume e chorume. Por outro lado, a Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho, define que chorume é a mistura de fezes e urinas dos animais, bem como de águas de lavagem ou outras, contendo por vezes desperdícios da alimentação animal ou de camas e as escorrências provenientes das nitreiras e silos. O estrume é a mistura de fezes e urinas dos animais com materiais de origem vegetal como palhas e matos, com maior ou menor grau de decomposição, incluindo a fração sólida do chorume, assegurando que não tem escorrência líquida aquando da sua aplicação.

Os efluentes pecuários são todos os resíduos produzidos nas explorações agrícolas de produção animal (DRAP Centro, 2015). Estas explorações são orientadas pelo Regime do Exercício da Atividade Pecuária (REAP) que obriga a criação de um Plano de Gestão de Efluentes Pecuários (PGEP) de forma a garantir a correta gestão dos efluentes pecuários sem prejuízo do meio ambiente (DRAP Centro, 2015).

Os efluentes pecuários são os melhores fertilizantes orgânicos por serem uma boa fonte de macro e micronutrientes (Varenes, 2003). Cerca de três quartos das culturas mundiais são feitas sem recurso a adubos químicos sendo os fertilizantes orgânicos a sua maior fonte de fertilização (Varenes, 2003) Varenes, (2003) ainda refere que a devolução de matéria orgânica ao solo deve ser feita com materiais de qualidade para evitar que o solo seja contaminado com elementos vestigiais como o Cádmio (Cd) ou o chumbo (Pb) e não faz qualquer tipo de referência ao Zinco (Zn).

2.3.3.1 Diferentes tipos

Existem várias famílias de efluentes pecuários que dependem diretamente do animal que a produz. Estão previstos nesta categoria todos os efluentes produzidos pelos seguintes núcleos de produção (Norma Técnica para Elaboração do PGEP, 2009):

- Bovinos (NPB)
- Suínos (NPS)
- Ovinos e caprinos (NPOC)
- Aves (NPA)
- Equídeos (NPE)
- Leporídeos (NPL)

Os 4 primeiros núcleos de produção são os mais vulgares em Portugal. No entanto, o estrume de ave transformado em granulado é o mais utilizado e conhecido devido às enormes produções e ao excelente marketing aplicado pelas empresas relacionadas com explorações avícolas (SIPACE, 2015).

2.3.3.2 Produções em Portugal

Durante a realização deste trabalho não foi possível encontrar dados oficiais que indiquem a produção anual deste tipo de resíduos. Este aspecto será novamente abordado no Capítulo 6 (Proposta Futura) onde serão sugeridas alterações à divulgação de informação relacionada com os corretivos orgânicos de modo a que os utilizadores consigam estar mais informados.

2.3.3.3 Destinos

Segundo a Portaria nº 631/2009 de 9 de Junho os efluentes pecuários podem ser utilizados em terrenos próprios ou em terrenos de terceiros desde que seja cumprido o PGEP para cada núcleo de produção pecuária.

Nas Figuras 2.5 e 2.6 é apresentado as duas técnicas de aplicação deste tipo de corretivo ao solo. A aplicação de efluentes pecuários por aspersão (Figura 2.5.) é a técnica mais utilizada em Portugal devido aos seus baixos custos (Vida Rural, 2009). No entanto, a aplicação de efluentes pecuários por injeção no solo (Figura 2.6.) é a técnica que apresenta maiores vantagens do ponto de vista agronómico uma vez que a matéria orgânica fica menos suscetível à mineralização e degradação.



*Figura 2.5 – Aplicação de Efluentes Pecuários por aspersão
(fonte: © Mark Edwards, Hard Rain Picture Library)*



Figura 2.6 – Aplicação de Efluentes Pecuários por injeção no solo
(fonte: © httpnews.cision.com)

Não foi possível encontrar informação nas diferentes direções gerais, DGAV, DRAP-Centro e DGADR sobre alguma caracterização físico-química de efluentes pecuários. No entanto existe alguma bibliografia sobre esta temática de fertilização de Santos (1991) e Varennes (2003) onde é possível encontrar alguns valores para os parâmetros mais relevantes (Tabela 2.11).

Tabela 2.11 – Teores de referência para Efluentes Pecuários segundo espécies

Espécies|Autores	Humidade (%)		Matéria Orgânica (%)		C/N	
	Santos	Varennes*	Santos	Varennes*	Santos	Varennes*
Porco	-	74	85,3	-	10	-
Vaca	-	79	-	-	-	-
Bovino	-	76	-	-	-	-
Galinha	-	55	73,3	-	8	-

Espécies|Autores	N total (%)		P2O5 (%)		K2O (%)	
	Santos	Varennes*	Santos	Varennes*	Santos	Varennes*
Porco	0,45	1	0,19	0,26	0,6	0,6
Vaca (Leite)	-	0,8	-	0,08	-	0,7
Bovino (engorda)	0,34	0,5	0,16	0,09	0,4	0,6
Galinha	1,63	2	1,54	0,5	0,8	0,9
Ovino	0,83	-	0,23	-	0,67	-
Equideo	0,58	-	0,28	-	0,53	-

(*) Adaptado de Aspinall *et al.* (1998) e Anónimo (2000)

2.3.3.4 Legislação

O Decreto-Lei n.º 214/2008 de 10 de Novembro e suas alterações, estabelecem o Regime do Exercício da Atividade Pecuária (REAP) nas explorações pecuárias, entrepostos e centros de agrupamento, bem como as normas a aplicar às atividades de gestão, por valorização ou eliminação, dos efluentes pecuários, anexas a explorações pecuárias ou autónomas, isto é, às unidades intermédias, aos entrepostos de fertilizantes orgânicos, unidades de compostagem e de produção de biogás.

No âmbito do referido diploma, a Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho estabelece as normas relativas à gestão dos efluentes pecuários das atividades pecuárias bem como das normas técnicas a observar no âmbito do licenciamento das atividades de valorização agrícola ou de transformação dos efluentes pecuários. Regula também as condições aplicáveis a outros fertilizantes orgânicos, nomeadamente os produtos derivados de subprodutos de origem animal transformados (SPOA).

Através da Tabela 2.12 é possível observar os limites que regem a aplicação de efluentes pecuários nos solos.

Tabela 2.12 – Valores Limite para Efluentes Pecuários de acordo com a Portaria n.º31/2009

Parâmetro	Concentração nos solos (mg/kg)			Valores limite nos Efluentes Pecuários (mg/kg)	Valores limite a aplicar no solo (kg/ha/ano)**
	ph ≤ 6	6 < pH ≤ 7	pH > 7		
Cobre	20	50	100	500	3
Zinco	60	150	200	1 500	7,5
Níquel	15	50	70	200	0,9
Crómio	30	60	100	300	3
Cádmio	0.5	1	1.5	5	0,03
Chumbo	50	70	100	600	2,25
Mercúrio	0.1	0.5	1	5	0,03

(*) Os valores microbiológicos contemplam a ausência de *Salmonella* spp. Ausente em 25g de matéria de fertilizante produzida e valores inferiores a 1000 células/g de matéria fertilizante de *Escherichia coli*.

(**) Estas quantidades dependem das características do fertilizante, bem como do solo em que irá ser aplicado; as quantidades indicadas referem -se a valores médios de metais pesados incorporados ao solo num período de 10 anos de aplicação do fertilizante.

2.4 INIAV/LQARS

O Decreto-Lei n.º 7/2012 de 17 de Janeiro, diploma que aprova a Lei Orgânica do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT), procede à reorganização do Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I.P. (INRB), instituindo o INIAV, que prossegue com as atribuições relacionadas com a investigação agrária e veterinária. Na sequência da reestruturação do Governo, é publicado o Decreto-Lei n.º 18/2014 em 4 de Fevereiro que aprova a lei

orgânica do Ministério de Agricultura e do Mar (MAM) e mantém o Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV, I.P.) como Organismo da Administração Indireta do Estado.

O INIAV é o laboratório de Estado que tem por missão a prossecução da política científica e a realização de investigação de suporte a políticas públicas orientadas para a valorização dos recursos biológicos nacionais, na defesa dos interesses nacionais e na prossecução e aprofundamento de políticas comuns da União Europeia.

Em 1974, através da agregação de vários organismos de investigação e experimentação do Ministério da Agricultura, foi criado o Instituto Nacional de Investigação Agrária (INIA). Este passou a integrar a Estação Agronómica Nacional (EAN), a Estação Zootécnica Nacional (EZN), a Estação de Melhoramento de Plantas (ENMP), o Centro de Investigações Florestais, o Centro Nacional de Estudos Vitivinícolas, a Estação de Estudos de Tecnologia Animal (EETA), a Estação de Olivicultura, a Estação de Culturas Regadas, a Estação de Orizicultura, o Núcleo de Melhoramento do Milho da Estação Agrária de Braga, o Posto Experimental da Fataca e o Centro de Experimentação de Monte dos Alhos.

Em 1979 foram integrados, como Serviços Operativos do Instituto, a Estação Florestal Nacional (EFN), a Estação Vitivinícola Nacional (EVN), a Estação Nacional de Tecnologia de Produtos Agrários (ENTPA), o Departamento de Fruticultura, o Departamento de Regadio, o Departamento de Estudos de Economia e Sociologia Agrárias, o Departamento de Horticultura e Floricultura e os Centros Regionais de Investigação e Desenvolvimento existentes em cada uma das Regiões Agrárias.

Em 1981 é criada a Estação Nacional de Fruticultura de Vieira Natividade (ENFVN) e em 1983 é integrado o Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS). É neste momento que a designação do Instituto se transforma em INIAER – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Extensão Rural. Esta transformação, derivada da inclusão de competências no âmbito da extensão rural, perde o efeito em 1986, data em que o Instituto retoma a original denominação de INIA.

Em 2002, após a união com o Instituto de Investigação das Pescas e do Mar (IPIMAR), o INIA transforma-se em INIAP – Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas. Este funde-se em 2006 com o Laboratório Nacional de Investigação Veterinária (LNIV) e com o Banco Português de Germoplasma Vegetal, e passa a integrar as atribuições no domínio da investigação da Direção Geral de Proteção das Culturas (DGPC), tornando-se INRB, I.P – Instituto Nacional de Recursos Biológicos.

Os domínios de investigação agrária e veterinária que estavam ao encargo do INRB, I.P transferem-se para o Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV, I.P), criado em 2012.

2.4.1 HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DO LABORATÓRIO QUÍMICO AGRÍCOLA REBELO DA SILVA.

O Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva tem como origem a antiga Estação Químico-Agrícola de Lisboa e Santarém, criada em 1886 e que terá sofrido ao longo dos anos várias alterações relativamente à sua estrutura orgânica e meios de trabalho. Em 1936 passou a designar-se Laboratório Químico Central (LQC), sendo uma componente laboratorial da Estação Agrária Central.

Passou a designar-se Laboratório Químico Agrícola Luís António Rebelo da Silva, em maio de 1948, em homenagem ao Professor de Química Agrícola Luís António Rebelo da Silva.

O laboratório, vulgarmente designado LQARS – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, anteriormente situado no Mosteiro dos Jerónimos, em Belém, instalou-se em 1951 num edifício construído intencionalmente para o efeito, na Tapada da Ajuda, onde ainda hoje se encontra. Adjacente a essa inicial construção, foi erguido um outro edifício nos anos 60, derivado da necessidade de abranger projetos na área da nutrição das culturas.

Em 1977 o LQARS foi integrado na Direção Geral de Extensão Rural e em 1979 foi reorganizado internamente em 3 divisões, nomeadamente Divisão de Análises Agrícolas, Divisão de Fertilidade do Solo e Nutrição de Culturas e Divisão de Alimentos e Alimentação Animal.

Em 1983 iniciou-se o processo de modernização dos laboratórios do LQARS, no âmbito de um projeto de cooperação técnica denominado “Apoio ao Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva”: foi instalada uma rede de ensaios de fertilização a nível nacional, que motivou a ampliação das “Tabelas de Fertilização de Culturas”; e foi iniciada a construção do Horto de Química Agrícola Professor Boaventura de Azevedo”, gerida em cooperação com o Instituto Superior de Agronomia, através de protocolo realizado em 1987. Foi ainda iniciada a informatização do “Serviço de Análises de Terra e Recomendações de Fertilização” em 1986.

Após a integração no INIAER, o LQARS passou, em 1988, a constituir uma componente do INIA com autonomia administrativa, científica e técnica (Decreto-Lei nº 5 A/88, de 14 de Janeiro), e mesmo após a sua extinção em 1993 manteve todas as suas competências e funções técnicas.

Atualmente o LQARS está integrado na Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Sistemas Agrários e Florestais e Sanidade Vegetal (UEIS-SAFSV) do INIAV.

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 TRATAMENTO DE DADOS

Os materiais utilizados neste trabalho são os resultados de amostras de corretivos orgânicos e lamas cujas análises foram realizadas no LQARS no período compreendido entre 2010 e 2015.

Todos os relatórios de ensaio foram tratados de modo a omitir a identificação do cliente garantindo assim a sua confidencialidade.

Todos os dados foram tratados de maneira a manter a rastreabilidade das amostras para se perceber se diferentes amostras enviadas pelo mesmo cliente seriam pertencentes ao mesmo produto.

Inicialmente, foi feita uma contabilização de todas as amostras existentes no período 2010-2015 e posteriormente, conforme a sua matriz, foi efetuada a respectiva diferenciação. Após essa etapa, foi considerado objeto de estudos as matrizes que pelo menos tinham mais de 20 amostras por ano.

Os parâmetros utilizados neste trabalho foram escolhidos devido à sua importância na fertilização e/ou correção do solo, bem como à sua relevância nas respectivas legislações existentes.

É necessário salientar que o LQARS não tem conhecimento de qual o destino final dos produtos que foram analisados nem se o processo de tratamento desses produtos estava finalizado.

A avaliação dos resultados obtidos compreendeu as seguintes etapas:

- a) Identificação e contabilização dos valores médios obtidos entre 2010 e 2015 em cada parâmetro e em cada matriz de modo a compreender a dispersão dos resultados segundo as diferentes origens dos resíduos;
- b) Identificação e contabilização dos valores médios de Lamas com destino a valorização agrícola entre 2010 e 2015 fornecidos pelas DRAP's;
- c) Avaliação, por ano, das características de cada matriz de modo a perceber a evolução dessas características ao longo dos 6 anos de estudo. Comparação dos resultados obtidos com os existentes a nível Nacional.

Neste trabalho não foi avaliada a presença de materiais antropogénicos como o vidro e plástico, micro-organismos patogénicos nem do grau de maturação dos produtos pois estes parâmetros não são, até à data, realizados no LQARS.

Durante este trabalho foi necessário analisar algumas semelhanças entre matrizes para não ocorrer o risco de se estarem a desviar os valores médios globais das matrizes.

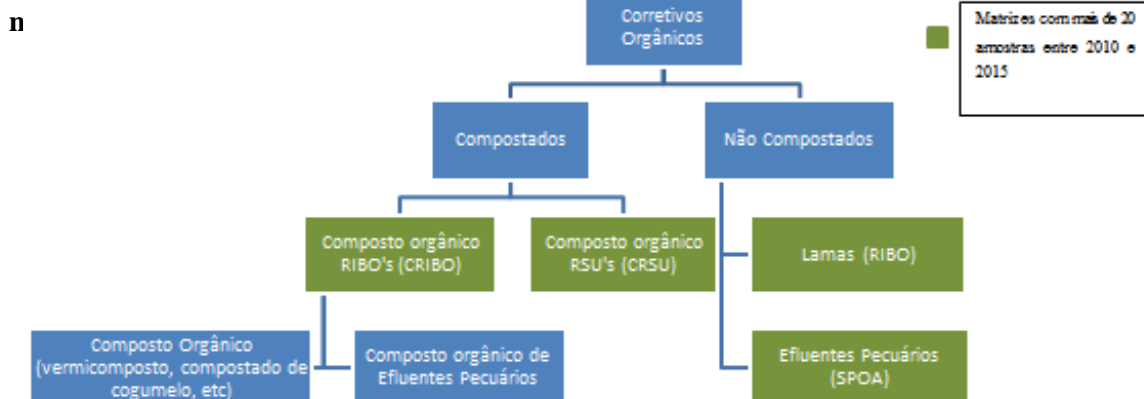
3.1.1 CONTABILIZAÇÃO NO NÚMERO DE RELATÓRIOS DE ENSAIO E IDENTIFICAÇÃO O TIPO DE MATRIZ A ESTUDAR

Através da Tabela 3.1 verifica-se que no período de 2010-2015 o LQARS recebeu 427 amostras referentes às diversas matérias fertilizantes estudadas neste trabalho. Decidiu-se utilizar 375 amostras, dado existirem pedidos de análise em duplicado e devido à exclusão das matrizes que tiveram menos de 20 amostras por ano. A Tabela 3.1 revela também que os compostos RIBO foi a matriz que contabilizou maior número de amostras enquanto as lamas de depuração foi a que contabilizou menos.

Tabela 3.1 – Distribuição por matriz dos relatórios de ensaio elaborados no período 2010-2015

Matrizes	Nº de relatórios de ensaio
Composto RIBO's	154
Composto RSU's	78
Lamas de depuração	49
Efluentes Pecuários	94
Excluídos (guanós, águas ruças, cinzas, biochar, etc)	52
Total	427

Durante o processo de seleção das matrizes a estudar constatou-se que por vezes a identificação da matriz da amostra a ser analisada era vaga e por isso houve a necessidade de integrar as amostras identificadas como “composto orgânico (vermicomposto, compostado de cogumelos, etc)” e “composto orgânico de efluentes pecuários” na matriz CRIBO (**Erro! A origem da referência não foi**



3.1.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS A ANALISAR

Os parâmetros analisados para as matrizes CRSU, CRIBO, lamas e efluentes pecuários foram selecionados tendo em conta os requisitos legais do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho, Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro e Portaria n.º 631/2009 de 2009 respetivamente. Para além disso, também teve em conta com a problemática ambiental da contaminação dos metais pesados, bem como com a avaliação da estabilidade da matéria orgânica e consequente eficácia na correção dos teores da matéria orgânica do solo, e a capacidade em introduzir quantidades assinaláveis de macronutrientes de modo a funcionarem como matérias fertilizantes.

Na Tabela 3.2. são indicados os parâmetros que foram analisados, bem como os respetivos métodos de ensaio que foram utilizados.

Nas amostras fornecidas pelo LQARS encontravam-se alguns parâmetros que foram rejeitados pelo registo baixo de pedidos ou então por serem valores que estavam diretamente relacionados com outros parâmetros. Os parâmetros omitidos neste documento foram os seguintes:

- Matéria seca – está relacionado com a humidade;
- Iões de sódio – estão refletidos na condutividade elétrica;
- Iões de cloro – estão refletidos na condutividade elétrica;
- Enxofre – dados insuficientes;
- Boro – dados insuficientes;
- Azoto amoniacal – dados insuficientes;
- Azoto nítrico – dados insuficientes.

Tabela 3.2 – Métodos de ensaio utilizados no LQARS para a determinação dos diferentes parâmetros

Parâmetros	Métodos de ensaio
Humidade (%)	EN 13040: 1999
Potencial de Hidrogénio	NP EN 12176: 1998
Condutividade Elétrica (mS/cm)	Mét. Interno (Conduvímtria)
Matéria Orgânica (%)	EN 12879:2000
Carbono total (%)	Cálculo (Mat.Org./1,8)
Azoto total (%)	EN 13654 – 2: 2001
Razão Carbono/Azoto	Cálculo (C/N)
Fósforo total (%)	Extração EN 13346:2000, Doseamento ICP
Potássio total (%)	EN 13346:2001
Cálcio (%)	EN 13346:2001
Magnésio (%)	EN 13346:2001
Cobre (mg/kg)	EN 13650:2001
Zinco (mg/kg)	EN 13650:2001

Parâmetros	Métodos de ensaio
Níquel (mg/kg)	EN 13650:2001
Crómio (mg/kg)	EN 13650:2001
Cádmio (mg/kg)	EN 13650:2001
Chumbo (mg/kg)	EN 13650:2001
Mercúrio (mg/kg)	Mét. Combustão e EAA c/ Equipamento AMA 254

3.1.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para avaliar as relações entre valores efetuadas no próximo capítulo foi feito um teste A-NOVA com Tuckey com grau de confiança de 95%. Esta operação foi realizada para deduzir as relações entre os parâmetros das diferentes matrizes (4.2) e também para avaliar a evolução dos parâmetros ao longo dos anos para a mesma matriz (4.1).

3.1.4 QUALIDADE VS LEGISLAÇÃO

Os resultados obtidos em todas as matrizes foram comparados com os respectivos requisitos legais de modo a perceber se os produtos analisados encontravam-se dentro dos valores limite e conseqüentemente se tinham qualidade para estarem no mercado Nacional.

Os valores para determinar a categoria e classe dos CRSU e CRIBO, bem como os valores limite dos diversos parâmetros foram baseados no Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Para as lamas e efluentes pecuários foram analisados respetivamente os Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro e a Portaria n.º 631/2009 de 9 de junho.

Apesar das lamas e efluentes pecuários não estarem abrangidos pelo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho foi considerado vantajoso utilizar também esse Decreto-Lei para a avaliação da qualidade dessas matrizes uma vez que é mais exigente na quantidade de parâmetros a ser avaliados bem como nos valores limite estabelecidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS MATRIZES

A humidade de um composto é relevante para as suas características estéticas e operacionais, devendo ter um teor compreendido entre 30 a 45% (Gonçalves, 1999). Se o produto for seco abaixo dos 30% irá levantar problemas na sua manipulação, através da formação de poeiras, acabando por comprometer a saúde do utilizador. Se o composto tiver teor alto de humidade, acima dos 45%, tornar-se-á pastoso e poderá originar maus odores devido a processos de anaerobiose. Segundo o Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho a comercialização destes produtos não é autorizada se o teor de humidade for superior a 40%.

No início do processo de compostagem os valores devem rondar os 50% a 65% e com o decorrer da compostagem estes valores tendem a reduzir. É necessário manter a humidade acima dos 40% e nunca abaixo dos 30% uma vez que é afetada a atividade microbiológica de algumas espécies. Abaixo dos 12% cessa toda a atividade microbiológica. (Diaz *et al.*, 1993; Gonçalves, 1999). Domingues (1997) não tem qualquer tipo de referência à humidade das lamas e no Código de Boas Práticas Agrícolas existe uma referência de 2,2% de humidade que não é explícita e não se enquadra na matriz do produto, contudo o valor referido pelas DRAP é de 71,3%.

Para os efluentes pecuários as referências para a humidade estão indicadas na Tabela 4.1 (Varenes, 2003).

Tabela 4.1 – Valores de humidade (%) para Efluentes Pecuários (Varenes, 2003)

Espécies	Humidade %
Porco	74
Vaca	79
Bovino	76
Galinha	55

A condutividade elétrica (CE) reflete o teor em sais e é estudado para evitar problemas de salinização dos solos (LQARS, 2006). Este parâmetro é afetado por diversos fatores como a humidade, a quantidade de eletrólitos dissolvidos, quantidade e composição de coloides, e matéria orgânica. (Faulin, 2005; Pedra, 2007).

A valorização agrícola de resíduos orgânicos contribui para aumentar a condutividade elétrica do solo e pode implicar uma limitação no seu uso pelos efeitos negativos no desenvolvimento das plantas através da desfloculação dos colóides do solo. (Ribeiro, 1997; Pedra, 2007). De acordo com Gonçalves, (1999), os valores raramente ultrapassam os 5 mS/cm para compostos que é pouco quando comparados com os valores dos estrumes que chegam a atingir 25-30 mS/cm. No entanto, é recomendável que não se ultrapasse o valor de 3,1 mS/cm para evitar a salinização de um solo (Gonçalves (1999)).

O pH é também um parâmetro importante para estudar por influenciar grande parte dos processos essenciais do solo como a mineralização e humificação de matéria orgânica, a disponibilidade e mobilidade dos constituintes químicos, a capacidade de troca catiónica e a população microbológica, entre outras (Tan, 1998; Porta *et al.*, 2003). A generalidade das culturas desenvolve-se melhor quando o pH está perto da neutralidade pois é nessa situação em que os nutrientes estão mais disponíveis e em equilíbrio (Benton-Jones Jr, 2002; LQARS, 2006). Em solos ácidos (pH<6,0) os nutrientes, incluindo os metais pesados, apresentam uma maior disponibilidade. No caso de ocorrer contaminação por metais pesados estes poderão estar mais bio disponíveis para as plantas podendo prejudicar o seu desenvolvimento. Nos solos básicos (pH>8,0) dá-se o efeito contrário e a planta pode apresentar carências de nutrientes por estes se encontrarem indisponíveis. Ao adicionar os corretivos orgânicos ao solo, o valor do pH tenderá a evoluir de acordo com o pH do corretivo. Essa evolução irá depender do seu poder tampão, dos seus processos de reativação, dos seus processos bioquímicos e sobretudo com a quantidade de corretivo aplicado (Pedra, 2007).

Por outro lado, o valor de pH do composto pode ser indicativo do processo de maturação do composto. Nas primeiras horas de compostagem os valores devem aproximar-se para 5 mas com o decorrer do processo o valor vai evoluindo gradualmente para valores entre 7 e 8. Portanto, valores baixos de pH podem ser indicativos de um produto com baixa maturação. (Jiménez e Garcia, 1989). Gonçalves (1997) refere que para compostos o valor de pH deverá estar entre 6,0 e 8,6 . Relativamente às lamas, um dos valores de pH referenciado é de 6,7 (Domingues, 1999) e as DRAP revelam um valor de 10,4. O Código de Boas Práticas Agrícolas, 1997) não faz referência a qualquer valor. Apesar disso, o Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho limita a aplicação lamas para valores entre 5,5 e 9,0.

A matéria orgânica é um dos parâmetros mais importantes neste tipo de matrizes uma vez que é um dos fatores principais para que estes sejam comercializados. Em diversos países Europeus já existe legislação que define qual a quantidade mínima de matéria orgânica que deve existir nestas matrizes de modo a serem aplicadas ao solo (Gonçalves, 1999). Como exemplo, Gonçalves (1999) refere que em Itália e Espanha era necessário um teor mínimo reportado à matéria seca de 40% e 25%, respetivamente. No entanto, em França era necessário um teor mínimo de 20% mas contrariamente aos outros países

este valor era reportado à matéria original, impedindo assim o uso direto de grande parte dos efluentes pecuários e lamas (Gonçalves, 1999).

Na caracterização de lamas urbanas elaborada por Domingues (1999) foi referido que na generalidade as lamas têm valores de matéria orgânica superiores a 50%, Nas DRAP o valor é de 51,9%. Para os Efluentes Pecuários, Santos (1991), os teores de matéria orgânica são os apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Valores de Matéria orgânica em Efluentes Pecuários

Espécies	Matéria Orgânica
Porco	85,3
Galinha	87,2*

(*)Valores obtidos através da média dos valores de frango de engorda e galinha poedeira

A razão C/N ótima para começar o processo de compostagem deve estar entre 25 e 35 (Gonçalves, 1999). Durante o processo de compostagem o seu valor deverá diminuir até atingir valores próximos de 10. Do ponto de vista industrial, na produção de composto em larga escala, é complicado obter um composto com um valor de razão C/N igual a 10 devido a constrangimentos práticos e económicos. Devido a isso, normalmente considera-se que um composto está devidamente maturado quando atinge um valor da razão C/N inferior a 17 (Gonçalves, 1999). Para além deste valor, são ainda referidos os valores de 20 (Golueke, 1981) e 15 (Juste, 1980) para um composto ser considerado estabilizado (Gonçalves, 1999). Domingues (1999) referiu que nas lamas urbanas a razão C/N deverá estar entre 10 a 14. No entanto, também se encontrou em algumas amostras valores inferiores a 8, podendo nestes casos haver uma libertação elevada de N quando estes produtos são incorporadas no solo (Brito, 1997) Os valores das DRAP indicaram uma relação C/N de 8,0. Na Tabela 4.3 estão representados os valores referenciados por Santos (1991) para razões C/N dos efluentes pecuários.

Tabela 4.3 – Valores de C/N para Efluentes Pecuários (estrupe) (Santos, 1991)

Espécies	C/N
Porco	10
Galinha	9*

(*)Valores obtidos através da média dos valores de frango de engorda e galinha poedeira

A concentração de macronutrientes nestas matrizes são também um fator importante para a escolha destes produtos uma vez que podem conferir um aumento da fertilidade do solo. Estes produtos são normalmente constituídos por teores totais assinaláveis de N, P₂O₅, K₂O, CaO e MgO. O Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho indica que nos macronutrientes principais os teores mínimos para atribuir relevância às matérias fertilizantes é de 2% para o N total, P₂O₅ total e K₂O total. Para os

macronutrientes secundários o valor de referência é de 8% para o CaO total e de 2% para o MgO total. Por outro lado, Ribeiro (1997) indica um valor entre 0,3% e 2% de N total e 0,1% a 0,5% para os teores de P₂O₅ total e Gonçalves (1997) referindo Zucconi e Bertoldi (1986) indica para o N total um valor superior a 1,1%, para o P₂O₅ total um valor superior a 0,7%, para o K₂O total um valor superior a 0,7%, para o CaO um valor superior a 5% e para o MgO total um valor superior a 0,5%.

Nas lamas residuais urbanas, de acordo com Domingues (1999) os valores de N total e P₂O₅ total permitem-nas serem classificadas como adubo orgânico de acordo com a NP n.º 1048-2 de 1990 e atualmente segundo o Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho este produto enquadra-se em adubo orgânico NP. No entanto, o mesmo não acontece com o teor de K₂O total. Para os valores das DRAP apenas o N total é o único parâmetro que encontra acima do valor mínimo para ser considerado adubo orgânico. Varennes (2003) indica que nas lamas os teores médios em N, P, K, CaO total e MgO total totais são aproximadamente de 3,2%, 0,8%, 0,2%, 3,5% e 0,4% respetivamente e as DRAP apresentam também respetivamente 3,72%, 1,39%, 0,29%, 11,5% e 0,38%.

Segundo Santos (1991) e Varennes (2003) os valores de referência nos macronutrientes para os efluentes pecuários são os indicados na Tabela 4.4

Tabela 4.4 – Teores de macronutrientes em diferentes Efluentes Pecuários (valores reportados à matéria original)

Espécies	N total %		P ₂ O ₅ %		K ₂ O %	
	Santos, J. Q.	Varennes A.*	Santos, J. Q.	Varennes A.*	Santos, J. Q.	Varennes A.*
Porco	0,45	1	0,19	0,26	0,6	0,6
Vaca (Leite)	-	0,8	-	0,08	-	0,7
Bovino (engorda)	0,34	0,5	0,16	0,09	0,4	0,6
Aves	1,63	2	1,54	0,5	0,8	0,9
Ovino	0,83	-	0,23	-	0,67	-
Equideo	0,58	-	0,28	-	0,53	-

(*) Adaptado de Aspinall *et al.* (1998)

As aplicações sucessivas destas matérias fertilizantes ao solo podem conduzir a uma acumulação de metais pesados. O cádmio, o chumbo e o zinco são os que têm maior percentagem extraível quando comparados com as quantidades totais. O oposto acontece com o cobre, o níquel e o crómio (Baudin, *et al.*, 1987; Gonçalves 1999). Gonçalves (1997) indica que os valores máximos de teores em metais pesados presentes nos compostos a aplicar ao solo deverão ser para o cádmio inferior a 5 mg/kg, para o chumbo inferior a 500 mg/kg, para o crómio inferior a 150 mg/kg, para o cobre inferior a 300 mg/kg,

para o mercúrio inferior a 5 mg/kg, para o níquel inferior a 50 mg/kg e para o zinco inferior a 1000 mg/kg.

Para Domingues (1999) através da caracterização de 12 lamas urbanas, os teores de metais pesados nas lamas foram considerados baixos para o níquel (53,3 mg/kg), crómio total (63,1 mg/kg). Por outro lado, os teores de chumbo total (199 mg/kg), cádmio total (2,67 mg/kg), cobre total (269 mg/kg) e zinco (1461 mg/kg) totais apresentaram valores apreciáveis, tendo mesmo, para o caso do zinco chegou a ultrapassar os limites estabelecidos pela legislação Nacional.

Segundo os dados fornecidos pelas DRAP os teores de metais pesados nas lamas estão todos dentro dos limites máximos, níquel (34,3 mg/kg), crómio total (78,5 mg/kg), chumbo total (60,0 mg/kg) e cobre total (173 mg/kg). Por outro lado, os teores de cádmio total (3,28 mg/kg), e zinco (526 mg/kg) totais apresentaram valores apreciáveis. Na Tabela 4.5 é indicado os limites dos metais pesados estabelecidos atualmente pela legislação Portuguesa nas diferentes matérias fertilizantes estudadas neste trabalho.

Tabela 4.5 – Limites da presença de metais pesados nos corretivos orgânicos e lamas (mg/kg)

	Limites	Cu	Zn	Ni	Cr	Cd	Pb	Hg
Composto RIBO e RSU *	Classe I	[0-100[	[0-200[	[0-50[	[0-100[	[0-0,7[	[0-100[	[0-0,7[
	Classe II	[100-200[	[200-500[	[50-100[	[100-150[	[0,7-1,5[	[100-150[	[0,7-1,5[
	Classe IIA	[200-400[	[500-1000[	[100-200[	[150-300[	[1,5-3[	[150-300[	[1,5-3[
	Classe III	[400-600[	[1 000-1 500[	[100-200[	[300-500[	[3-5[	[300-500[	[3-5[
Lamas **	Valor máximo	1 000	2 500	300	1 000	20	750	16
Efluente Pecuário ***	Valor máximo	500	1 500	200	300	5	600	5

*Valores de acordo com o Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de Junho

** Valores de acordo com o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de Outubro

*** Valores de acordo com a Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho

Relativamente às matérias fertilizantes legisladas pelo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho verifica-se que estas têm um sistema de classificação onde são atribuídos diferentes destinos de acordo com a classificação obtida.

As lamas e os efluentes pecuários são regidos apenas por valores máximos que têm de ser respeitados para poder ser realizada a sua valorização agrícola. Estas conformidades não dispensam a prévia análise do solo para saber que quantidades podem ser aplicadas.

4.1.1 COMPOSTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS BIODEGRADÁVEIS ORGÂNICOS (CRIBO)

A Tabela 4.6 mostra os valores obtidos para o CRIBO nos diferentes parâmetros analisados no período de 2010-2015 CRIBO.

Verificou-se que ao longo dos seis anos de estudo o valor de humidade variou entre os 23,1 e 40,8%. O valor mais elevado foi obtido em 2013, estando 25% acima do limite da atual legislação (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho), embora não seja estatisticamente significativo ($p < 0,05$) pode tornar-se um fator limitante para a sua comercialização.

O valor de pH apresentou em 2010 o valor de 6,54, sendo este o mais baixo no intervalo temporal em estudo comparativamente com os valores de 2011, 2012, 2013 e 2014 onde o pH se manteve perto dos 8,00, aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) levando a que a média final se situasse nos 7,75.

A condutividade elétrica teve um comportamento semelhante ao valor de pH onde os valores variaram entre os 1,2 e o dobro, 2,2 mS/cm não sendo esta variação estatisticamente significativa ($p > 0,05$).

O teor de matéria orgânica obteve o valor mais alto em 2010, sendo que o valor de 71,4% está acima do expectável para um composto uma vez que durante o processo de compostagem ocorre uma diminuição da matéria orgânica para valores entre os 30% e 50% (Gonçalves, 2005). Nos restantes anos de estudo observou-se uma tendência para os teores de matéria orgânica estarem nos 50%. Estatisticamente as variações foram significativas ($p < 0,05$).

A razão C/N teve valores entre os 11 e os 20 e estatisticamente a variação não foi significativa ($p > 0,05$). O comportamento da razão C/N ao longo dos anos em estudo indica um sinal de uma melhor estabilização ao longo do tempo (Kheren, 1985; Gonçalves, 1999; Golueke, 1981).

Em relação aos teores de macronutrientes observa-se, para o mesmo intervalo de tempo, que os teores de N total mantiveram-se estáveis ($p > 0,05$) tendo o valor médio dos 6 anos sido de 1,88%. Os teores de CaO, K₂O e P₂O₅ também se apresentaram estáveis ($p > 0,05$) mas os valores de MgO apresentaram grande variabilidade durante os anos em estudo ($p < 0,05$).

Os metais pesados mostraram de 2010 para 2015 uma tendência de diminuição da concentração em todos os elementos, exceto para o crómio total. A principal diminuição observa-se nos teores de Cu, Zn e Cd que sofrem uma redução de 76%, 84% e 80% respetivamente. Esta redução promove uma melhoria na classificação do composto das respetivas amostras. Nos teores de Ni, Pb e Hg também ocorreu uma diminuição de 32% 51% e 81% respetivamente. Apesar disso, esta variação não implicou alterações na classe do composto. O Cr total foi o único metal pesado a aumentar, tendo registado um aumento de 36%. No entanto este aumento não é considerado preocupante uma vez que os teores observados

continuaram abaixo do limite de classe II (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho). O único metal pesado que apresentou variações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) foi o cádmio.

De um modo geral, as amostras apresentaram homogeneidade para todos os parâmetros à exceção dos teores de matéria orgânica, Zn e Cr.

Tabela 4.6 – Evolução dos teores entre 2010 e 2015 de CRIBO

Parâmetros	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Humidade (%)	37,3	30,4	32,4	40,8	26,9	33,0
pH	6,54 ^{b,c,d,e}	8,03 ^a	7,86 ^a	8,05 ^a	8,04 ^a	7,49
CE (mS/cm)	1,25	1,03	1,71	1,64	2,36	2,02
MO (%)	71,4 ^b	23,5 ^{a,c,e}	52,2 ^b	48,6	51,8 ^b	57,6
C (%)	41,5 ^{b,c,d,e,f}	13,1 ^{a,c,e}	29,0 ^{a,b}	27,0 ^a	28,8 ^{a,b}	17,3 ^a
N total (%)	2,05	1,27	2,65	1,73	2,08	1,50
C/N	20,5	11,2	15,2	17,7	16,4	11,7
P₂O₅ (%)	1,90	1,11	2,23	1,62	1,11	0,50
K₂O (%)	0,70	1,09	1,66	2,00	1,35	1,55
CaO (%)	3,22	4,97	8,23	7,95	6,08	4,19
MgO (%)	0,44 ^{b,c}	1,27 ^a	1,25 ^{a,e}	0,94	0,73 ^c	0,81
Cu (mg/kg)	12	98,4	82,9	64,6	49,8	30,0
Zn (mg/kg)	475	258	262	249	197	75,4
Ni (mg/kg)	18,1	26,7	24,4	19,1	11,2	11,1
Cr (mg/kg)	7,93	16,6	20,1	21,2	10,0	10,9
Cd (mg/kg)	0,80	1,34 ^{c,d}	0,57 ^b	0,36 ^b	0,62	0,16
Pb (mg/kg)	25,1	85,9	36,5	28,0	18,9	12,0
Hg (mg/kg)	0,29	0,15	0,10	0,13	0,19	0,05

Diferença estatisticamente significativa (p<0,05) de:

- a- 2010;
- b- 2011;
- c- 2012;
- d- 2013;
- e- 2014;
- f- 2015;

Na Tabela 4.7 é possível avaliar a qualidade do CRIBO no período de 2010-2015.

A humidade média está conforme o exigido para a aplicação do produto no entanto foram registados 39 resultados que ultrapassaram o valor limite estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de Junho.

No valor de pH o resultado obtido foi de 7,67, sendo este inferior aos valores referenciados por Gonçalves (1999) e Ribeiro (1997). Apesar disso, constatou-se que existiram 13 resultados que ultrapassaram o valor limite estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Estes resultados podem ser associados a uma baixa estabilização das amostras. Na realidade, se o pH registar valores abaixo dos 5,5, este poderá aumentar a disponibilidade dos metais pesados podendo ocorrer níveis de toxicidade na planta (Pedra, 2007).

Relativamente à condutividade elétrica foram registados sete valores altos. Estes encontravam-se entre 5,0 e 9,1 mS/cm e não se enquadram nos valores de 3,1 mS/cm referidos por Gonçalves (1999).

O teor de matéria orgânica teve resultados acima do valor exigido pela legislação uma vez que teve teores acima dos 30%. Observou-se também que 31 amostras analisadas tiveram teores de matéria orgânica abaixo do teor mínimo exigido pelo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho sendo que o valor mais baixo foi de 9,26% (amostra n.º 521/2012). De acordo com Gonçalves (1999) e Ribeiro (1997) este valor médio de 50,8% está dentro da referência dada, situando-se na ordem dos 50%. Este teor aliado ao valor de pH neutro vem suportar a análise de que globalmente esta amostra se encontraria estabilizada em valores médios.

A razão C/N obtida revelou que os valores obtidos estão dentro do intervalo [15-20] presente nas referências fornecidas por Gonçalves (1997 e 1999), Ribeiro (1997), Golueke, (1981) e Juste (1980), sugerindo que de uma forma geral as amostras analisadas estavam devidamente estabilizadas.

Em termos de potencial de fertilização, todos os teores de macronutrientes estão abaixo dos valores tabelados no Anexo I do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Contudo, para Gonçalves (1997) e Ribeiro (1997) este produto tem o teor necessário de todos os nutrientes para atuar como agente fertilizante.

Tabela 4.7 – Análise dos teores médios de Composto RIBO entre 2010 e 2015

Parâmetros	Média	Desvio padrão (±)	N
H (%)	33,5	4,5	135
pH	7,67	0,54	111
CE (mS/cm)	1,67	0,44	111
MO (%)	50,8	14,3	125
C (%)	26,1	9,1	122
N total (%)	1,88	0,45	112
C/N	15,5	3,3	111
P₂O₅ (%)	1,40	0,57	119
K₂O (%)	1,39	0,42	118
CaO (%)	5,77	1,85	118
MgO (%)	0,91	0,29	118
Cu (mg/kg)	75,5	31,9	103
Zn (mg/kg)	252	118	104
Ni (mg/kg)	18,4	5,9	96
Cr (mg/kg)	14,4	5,1	96
Cd (mg/kg)	0,64	0,37	87
Pb (mg/kg)	34,4	24,2	94
Hg (mg/kg)	0,15	0,07	82

Na Figura 4.1 é fornecida uma representação da classificação da matriz CRIBO através de percentagem das amostras em relação aos teores em metais pesados de acordo com o estabelecido no anexo 2 do Decreto-Lei n.º 103/2015.

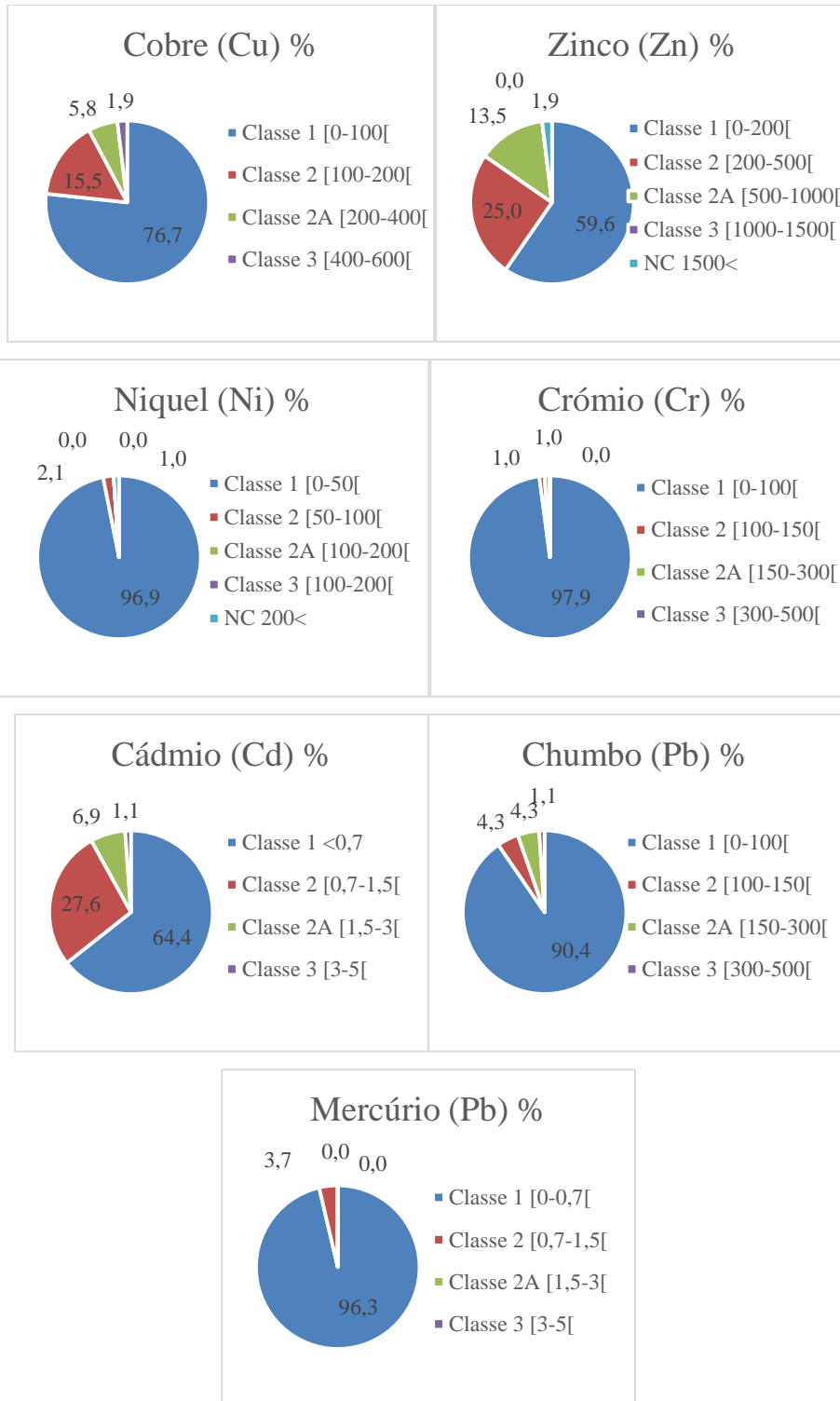


Figura 4.1 – Distribuição em percentagem das amostras nas classes de acordo com os teores de metais pesados para CRIBO (mg/kg, sms) (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho)

Todos os teores médios de metais pesados, exceto o Zn, enquadram-se na classe I de acordo com o anexo 2 do Decreto-Lei n.º 103/2015 Por outro lado, os metais pesados com mais classificações de classe I foram o Ni, Cr, Pb e Hg, registando percentagens superiores a 90%.

Os valores de Cu obtidos revelaram que cerca de 77% pertenciam à classe I. O Cd apresentou uma distribuição de 64% de amostras na classe I e uma percentagem considerável, 25%, na classe II. O valor do desvio-padrão reforça a heterogeneidade registada.

O parâmetro Zn registou uma percentagem de amostras em classificação I próxima a 60%. Contudo este é o metal pesado que mais influencia esta análise tornando o composto em classe II. Na análise de dados foram também identificados valores (aproximadamente 2%) que tornavam impossível a aplicação no solo nomeadamente valores de 1518 mg/kg e 1585 mg/kg (amostra n.º 212/2012 e amostra n.º 74/2014 – Anexo 1). Foram também encontrados algumas amostras com estas características para o teor de Ni (1%) (446mg/kg na amostra n.º 524/2012 – Anexo 1).

Todos os valores médios estão abaixo dos limites referenciados por Gonçalves (1997).

4.1.2 COMPOSTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (CRSU)

A Tabela 4.8 mostra os diferentes teores em estudo obtidos no período de 2010-2015 para os CRSU, sendo que em 2014 não foram efetuadas análises para esta matriz.

Verificou-se que ao longo dos 6 anos de estudo o valor de humidade variou entre os 22,1% e 32,5%. O valor mais elevado foi obtido em 2010, estando abaixo do limite da atual legislação (Decreto-Lei n.º103/2015 de 15 de junho). Houve um registo estatisticamente significativo entre 2010 e 2011 ($P < 0,05$).

O valor de pH apresentou resultados muito homogêneos aproximando-o das referências dadas por Gonçalves (2005). Este valor, apesar de estar dentro do intervalo imposto pelo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho, aproxima-se do limite superior de 9. A condutividade elétrica também teve um comportamento homogêneo, variando os valores entre os 2,11 e 3,01 mS/cm. Não houve variações estatisticamente significativas ($P < 0,05$).

O teor de matéria orgânica recomendado por Gonçalves (2005) é de 50% e em todos os anos de estudo observou-se uma tendência para os teores de matéria orgânica se encontrarem perto deste valor constituindo assim uma amostra muito homogênea. (sem variações estatisticamente significativas $p > 0,05$).

A razão C/N teve valores entre os 10,1 e os 17,5. O comportamento da razão C/N ao longo dos anos em estudo indica que possivelmente as amostras estariam estabilizadas (Golueke, 1981) (Kheren, 1985)

(Gonçalves, 1999). Houve variações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) com o decréscimo de 2010 para 2011 a ser importante para avaliar a estabilidade dos produtos.

Em relação aos teores de macronutrientes observou-se, durante os anos em estudo, que os teores de N total se mantiveram relativamente estáveis, tendo o valor médio dos 6 anos sido de 2,47%. Os teores de CaO, K₂O e MgO totais apresentaram os valores mais baixos em 2015 e mostraram alguma variabilidade durante os anos em estudo. Os valores médios obtidos nos 6 anos foram de 10,3%, 1,55% e 0,96%, respetivamente. Houve discrepâncias estatisticamente significativas nestes três parâmetros ($p < 0,05$). Os teores em P₂O₅ total foram heterogêneos ($p < 0,05$) durante os anos em estudo, tendo-se observado o valor mais baixo em 2011, sendo este semelhante ao referido por Gonçalves (2005). O único parâmetro com um valor que permitiria o CRSU ser classificado como um adubo orgânico seria o N.

Todos os metais pesados mostraram ao longo dos anos uma tendência de aumento. O principal aumento observou-se nos teores de Pb, Ni e Hg totais, tendo este sido de 99%, 114% e 253% respetivamente. Apesar da subida, não se registaram alterações na classe de composto. Verificou-se que entre 2010 e 2015 o único metal pesado que promoveu alterações na classe de composto foi o Cu. Durante este período esse aumento foi de 74% originando que a classificação dessas amostras passa-se de classe I para classe II. Estatisticamente em 2015 os parâmetros Ni, Cr e Hg registaram valores muito superiores em praticamente 200% e 300% ($p < 0,05$).

Na Tabela 4.9 é possível analisar a qualidade média da matriz CRSU durante os 6 anos em estudo.

A humidade está conforme o exigido para a aplicação do produto mas foram registados 15 amostras, que foram superiores ao valor limite da legislação.

O valor de pH foi considerado neutro e revelou valores abaixo dos referenciados por Gonçalves (1999) e Ribeiro (1997). Apesar disso, constatou-se que existiram 10 amostras que revelaram valores acima do intervalo determinado pelo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Estes valores podem ser associados a uma boa estabilização do produto. No entanto, deverá ter em atenção que um pH com valores acima de 8 influencia a disponibilidade dos elementos no solo, pela criação de efeitos de bloqueio, passando as plantas a apresentar sinais de carência nutricional (Pedra, 2007).

Na análise à condutividade elétrica foram registadas 7 amostras que apresentaram resultados altos (5,0 a 9,1 mS/cm) e que não se enquadram nos valores referidos por Gonçalves (1999).

Tabela 4,8 – Evolução dos teores entre 2010 e 2015 de CRSU

Parâmetros	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Humidade (%)	32,5 ^b	21,2 ^a	22,6	22,9	-	30,7
pH	8,28	8,75	8,57	8,72	-	8,49
CE (mS/cm)	2,68	2,81	2,86	2,11	-	3,01
MO (%)	54,5	49,4	50,7	48,9	-	51,4
C (%)	36,1 ^b	27,5 ^a	28,2	27,1	-	28,6
N total (%)	2,20	2,58	2,94 ^f	2,78	-	1,86 ^c
C/N	17,5 ^{c,d}	12,4	10,1 ^a	10,1 ^a	-	15,3
P₂O₅ (%)	1,69	0,93	1,45	2,30	-	1,00
K₂O (%)	1,16 ^c	1,71	1,93 ^a	1,85	-	1,08
CaO (%)	8,39 ^d	9,58 ^d	12,2 ^f	15,5 ^{a,b,f}	-	5,83 ^{c,d}
MgO (%)	0,56 ^{c,f}	0,57 ^{c,f}	1,16 ^{a,b}	1,15	-	1,35 ^{a,b}
Cu (mg/kg)	77,7	91,9	221	51,3	-	136
Zn (mg/kg)	215	297	364	171	-	306
Ni (mg/kg)	15,0 ^f	14,9 ^f	18,8	14,2	-	32,1 ^{a,b}
Cr (mg/kg)	36,2	18,1 ^f	14,8 ^f	20,9 ^f	-	68,0 ^{b,c,d}
Cd (mg/kg)	0,76	1,21	0,75	0,56	-	0,86
Pb (mg/kg)	40,6	42,5	89,6	45,0	-	80,6
Hg (mg/kg)	0,16 ^f	0,17 ^f	0,30	0,13 ^f	-	0,58 ^{a,b,d}

Diferença estatisticamente significativa (p<0,05) de:

a- 2010;

b- 2011;

c- 2012;

d- 2013;

e- 2014;

f- 2015;

Os teores médios de matéria orgânica revelaram que estes estavam dentro dos limites exigidos pela legislação. Contudo, existiram duas amostras cujo valor estava abaixo do teor mínimo, sendo o valor mais baixo de apenas 13,7% (amostra n.º 41/2010 - Anexo 2). De acordo com Ribeiro (1997) e Gonçalves (1999) este valor médio encontrado está dentro da referência, situando-se na ordem dos 50%. Este teor, aliado ao valor de pH alcalino, vem suportar a análise de que globalmente esta matriz no período em estudo se encontrava estabilizada.

Por outro lado, os valores da razão C/N média estão dentro das referências dadas por Gonçalves (1997, 1999), Ribeiro (1997), Golueke (1981) e Juste (1980). Estes resultados sugerem novamente que globalmente as amostras desta matriz estariam bem estabilizadas. Em termos de potencial de

fertilização, o teor de N total apresentou um valor razoável mas todos os outros macronutrientes tiveram teores abaixo dos valores tabelados no Anexo I do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho, impossibilitando que fosse considerado adubo orgânico. No entanto e segundo Gonçalves (1997) e Ribeiro (1997) estes compostos têm mesmo assim um bom valor nutricional para fertilizar o solo.

Tabela 4.9 – Análise dos teores médios de CRSU entre 2010 e 2015

Parâmetros	Média	Desvio Padrão (±)	N
H (%)	26,0	4,70	78
pH	8,56	0,17	44
CE (mS/cm)	2,70	0,31	44
MO (%)	51,0	2,0	56
C (%)	29,5	3,40	50
N total (%)	2,47	0,39	45
C/N	13,1	2,90	38
P₂O₅ (%)	1,48	0,50	38
K₂O (%)	1,55	0,36	44
CaO (%)	10,3	3,32	48
MgO (%)	0,96	0,33	44
Cu (mg/kg)	116	59,6	49
Zn (mg/kg)	271	69,0	49
Ni (mg/kg)	19,0	6,70	54
Cr (mg/kg)	31,6	19,6	59
Cd (mg/kg)	0,83	0,21	56
Pb (mg/kg)	59,7	21,0	54
Hg (mg/kg)	0,27	0,17	52

A Figura 4.2 representa a classificação da matriz CRSU, de 2010 a 2015, em percentagem das amostras em relação aos teores em metais pesados de acordo com o estabelecido no Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho.

Verificou-se que todos os teores médios de metais pesados, exceto para o Zn, Cu e Cd, enquadraram-se na classe I, de acordo com o Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho (Tabela 4.8). Por outro lado, os teores obtidos em Ni, Cr, Pb e Hg revelaram que 88% destes resultados estavam inseridos na classe I.

O teor médio de Cu revelaram que 67% das amostras ficaram na classe I, 22% estavam integrados na classe II, 6% pertenciam à classe IIA e 2% ficaram na classe III. Observou-se ainda que 2% ficaram acima dos valores permitidos pela legislação devido a uma amostra que obteve um valor de 826 mg/kg (amostra n.º 202/2012 - Anexo 2).

Os teores médios de Zn evidenciaram que este pertencia à classe II de composto (Tabela 4.8). Apesar disso, verificou-se que 61% das amostras estavam integrados na classe I e que 29% estavam na classe II.

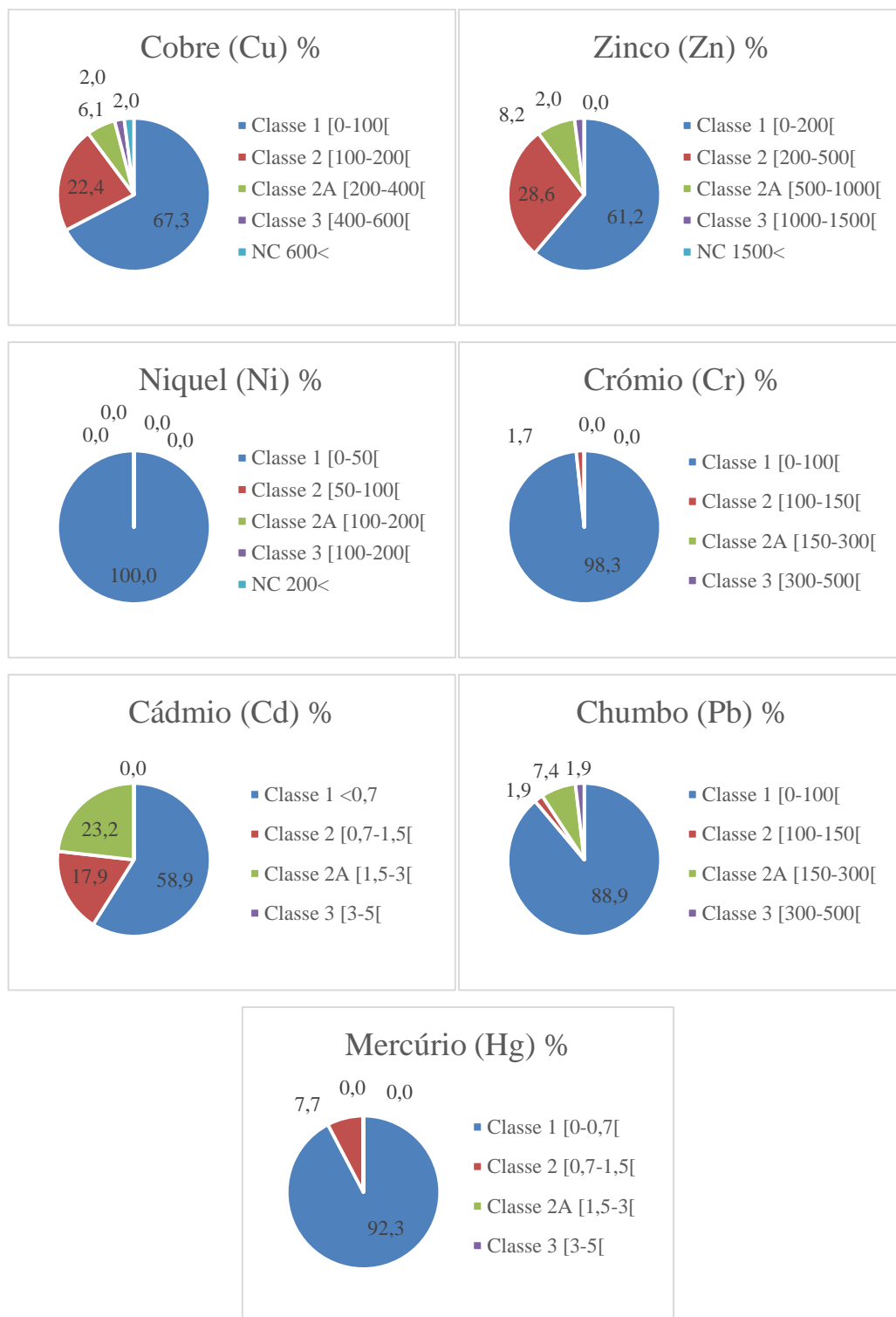


Figura 4.2 – Distribuição em percentagem das amostras nas classes de acordo com os teores de metais pesados para CRSU (mg/kg, sms) (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho)

Relativamente ao Pb verificou-se que os seus teores médios apresentaram valores que pertenciam à classe I de compostos. No entanto, apesar de 89% das amostras terem tido valores que pertenceram à classe I, 7,4% revelaram pertencer à classe IIA. Por fim, o Cd apesar de ter mostrado teores médios superiores à classe I (Tabela 4.8), verificou-se que 59% das amostras pertenceram à classe I, 18% das amostras pertenciam à classe II e que 23% das amostras estavam integrados na classe IIA.

Todos os valores obtidos foram inferiores aos limites referenciados por Gonçalves (1997).

4.1.3 LAMAS

A Tabela 4.10 mostra para as lamas os diferentes teores em estudo obtidos no período de 2010-2015.

Verificou-se que ao longo dos seis anos de estudo o valor de humidade variou entre 61,9 e 86,9% (sem diferenças estatisticamente significativas, $p>0,05$). O valor mais elevado foi obtido em 2012. Este valor é alto quando comparado com os compostados, tornando-se um fator limitante para a sua aplicabilidade e manuseamento.

O valor de pH em 2015 foi de 7,03, sendo o mais baixo nos anos em estudo. Nos anos seguintes o valor de pH manteve-se perto dos 7,70 originando uma média final na ordem dos 7,63. A condutividade elétrica teve um comportamento muito oscilante e os valores variaram entre 0,8 e 2,1 mS/cm. Em ambos os parâmetros não houve variações estatisticamente significativas ($p>0,05$).

O teor de matéria orgânica obteve o seu valor mais alto em 2013 ao atingir 83,5%, sendo que o valor em 2011 de 58,6% foi o valor mais baixo. Estes teores encontrados na matéria orgânica estão em linha com os de Domingues (1999), uma vez que este observou uma tendência nas lamas para os teores de matéria orgânica se situarem acima dos 50%. Os valores fornecidos pelas DRAP também comprovam esta tendência tendo sido mais baixos (51,9%). Não houve variações estatisticamente significativas ($p>0,05$).

A razão C/N compreendeu valores entre os 5,31 e os 22,1, sem variações estatisticamente significativas $p>0,05$. O comportamento da razão C/N ao longo dos anos sugere que as amostras analisadas, exceto em 2010, não estavam estabilizadas (Kheren, 1985) (Silveira, 1987) (Gonçalves, 1999) (Golueke, 1981). De acordo com os valores observados pelas DRAP é justificada a falta de estabilização das Lamas.

Observou-se que para as lamas os teores de macronutrientes apresentaram muita variabilidade durante os anos em estudo. Os valores de N total foram altos e todos os macronutrientes apresentaram aumentos nos teores médios comparativamente com 2010, exceto o CaO que registou o valor mais alto nesse ano. O valor de N total mais baixo (3,24%) foi obtido em 2011 sendo este estatisticamente diferente dos restantes. ($p<0,05$). Este valor mínimo é muito semelhante ao da média registada nas DRAP de 3,74%.

Os metais pesados, ao longo dos anos, mostraram uma tendência de diminuição. A principal diminuição observou-se nos teores de Cu, Zn e Hg totais, que tiveram uma redução de 59%, 69% e 48%, respectivamente. Os teores em Ni, Pb e Cr totais também tiveram uma diminuição no entanto verificou-se que esta foi menos acentuada. Os teores em Cd foram os que suscitaram mais dúvidas, devido à presença de uma amostra em 2011 que obteve um valor muito alto, o que influenciou a média final. No entanto, de uma forma geral os teores em Cd tendem a permanecer constantes. Não houve variações estatisticamente significativas para nenhum dos metais pesados ($p < 0,05$).

Em suma, as amostras de lamas apresentaram heterogeneidade para todos os parâmetros.

Tabela 4.10 – Evolução dos teores entre 2010 e 2015 de Lamas

Parâmetros	2010	2011	2012	2013	2014	2015
H (%)	75,1	62,0	86,9	83,1	83,5	79,74
pH	7,90	7,60	7,63	7,73	7,89	7,04
CE (mS/cm)	1,03	2,08	0,82	-	1,56	1,08
MO (%)	71,0	58,6	82,3	83,5	80,4	81,11
C (%)	43,7 ^f	32,5 ^f	45,7	46,4	44,7 ^f	50,57 ^{a,b,e}
N total (%)	4,42	3,24 ^e	7,19	8,48	8,49 ^b	5,82
C/N	12,7	22,6	6,44	5,47	5,31	6,41
P₂O₅ (%)	3,56	2,51	7,49	7,74	3,22	3,02
K₂O (%)	0,49	0,24	-	2,56	1,27	0,74
CaO (%)	4,89	3,88	-	2,09	3,90	1,49
MgO (%)	0,33	0,20	-	0,92	0,54	0,40
Cu (mg/kg)	272	20,8	16,7	16,7	195	111
Zn (mg/kg)	740	30,9	38,0	44,4	592	227
Ni (mg/kg)	43,8	8,48	5,63	7,74	14,0	26,2
Cr (mg/kg)	15,6	25,4	9,04	20,3	5,50	11,2
Cd (mg/kg)	0,84	10,5	0,20	0,05	1,31	0,77
Pb (mg/kg)	21,0	15,5	3,33	3,33	45,6	19,2
Hg (mg/kg)	0,61	0,02	0,01	0,02	0,01	0,32

Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) de:

- a- 2010;
- b- 2011;
- c- 2012;
- d- 2013;
- e- 2014;
- f- 2015;

Na Tabela 4.11 é analisada a qualidade das lamas através dos teores médios obtidos nas amostras analisadas durante os 6 anos de estudo.

A humidade média teve um valor de 78,4%, e embora não haja referência de Domingues (1999), o Código de Boas Práticas Agrícolas tem uma referência de 2,2% que é considerada desadequada tendo em conta a origem desta matriz. Os valores das DRAP referem uma humidade de 71,3% que vai de encontro à analisada nos dados do LQARS. Em simultâneo, o valor médio está muito próximo do referenciado por Varennes (2003), que situa a humidade das lamas entre 65 e 75%.

No valor de pH o resultado médio foi neutro, mas superior ao valor referenciado por Domingues (1999). Ao ser aplicado nos solos, irá conduzir a uma aproximação do pH do solo para valores neutros, sendo que esta influência dependerá das características físicas do solo (Pedra, 2007). Por outro lado os valores das DRAP indicam um valor de pH de 10,4 que é muito superior aos valores registados no LQARS.

Na análise à condutividade elétrica o valor médio é 40% do valor máximo sugerido por Gonçalves (1999).

Tabela 4.11 – Análise dos teores médios entre 2010 e 2015 de Lamas

Parâmetros	Média	Desvio padrão (±)	N
Humidade (%)	78,4	8,96	44
pH	7,63	0,32	40
CE (mS/cm)	1,31	0,51	28
MO (%)	76,2	9,70	41
C (%)	43,9	6,06	22
N total (%)	6,27	2,17	42
C/N	9,83	6,85	20
P₂O₅ (%)	4,59	2,37	41
K₂O (%)	1,06	0,92	25
CaO (%)	3,25	1,41	25
MgO (%)	0,48	0,28	25
Cu (mg/kg)	105	108	32
Zn (mg/kg)	279	312	32
Ni (mg/kg)	17,6	14,8	32
Cr (mg/kg)	14,5	7,42	31
Cd (mg/kg)	2,28	4,06	32
Pb (mg/kg)	18,0	15,6	32
Hg (mg/kg)	0,16	0,25	31

De acordo com Domingues (1999) os teores de matéria orgânica nas lamas apresentam regularmente valores superiores a 50%, para Santos (1991) os valores situam-se entre 80 e 90% e nos registos das DRAP o valor é de 51,9%, Logo os valores do LQARS estão dentro do esperados pois verifica-se que neste parâmetro o valor é de 76,2%.

Para este produto a razão C/N média esteve dentro das referências dadas por Gonçalves (1997 e 1999), Ribeiro (1997), Golueke (1981) e Juste (1980). Mais uma vez existe um indício que estamos na presença de um produto, em média, bem estabilizado. Contudo esta análise não é considerada suficiente para atestar a sua estabilidade e deveriam ser realizados outros testes para concluir com mais certeza sobre este aspeto.

Em termos de poder de fertilização, os valores de N total e P₂O₅ total ficaram acima dos valores tabelados no Anexo I do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Comparando com os registos das DRAP o N total é 200% desta referência e o P₂O₅ é aproximadamente 400%. Os teores em MgO encontraram-se perto dos 0,5% e os restantes macronutrientes apresentaram teores inferiores a 0,5%. Deste modo, seguindo o Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho e tendo em conta unicamente os parâmetros NPK, pode-se considerar que as lamas têm as qualidades necessárias para ser considerado

um adubo azoto-fosfatado. Segundo Varennes (2003), os teores de MgO e CaO totais apresentam valores adequados. A referência que a DRAP fornece indica que em termos de CaO estas lamas se encontram muita baixas, cerca de 28% do valor de referência, e os teores de MgO encontram-se semelhantes.

Na Figura 4.3 é representada a classificação das lamas através de percentagem das amostras em relação aos teores em metais pesados, de acordo com o estabelecido no anexo 2 do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Apesar de este não ser o documento que rege a qualidade das lamas, optou-se por fazer a comparação utilizando os mesmos critérios para permitir uma avaliação direta entre matrizes. Mais tarde no capítulo 4.4 (Qualidade vs Legislação) serão abordadas as diferenças legislativas entre matrizes estudadas.

Todos os teores médios de metais pesados apresentam-se na classe I de acordo com o anexo 2 do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho, à exceção do Zn, Cu e Cd. Os valores com maiores relatórios de ensaio, com classificações de classe I, são o Ni, Cr, Pb ao registarem valores superiores a 90%. Apesar do teor médio em Hg ser de classe I este obteve apenas 77% de resultados com esta classe.

Os teores médios de Cu ficaram incluídos na classe II apesar de nenhum dado estar integrado nesta classe. Isto deveu-se ao facto de 63% dos dados pertencerem à classe I, e 22% dos produtos estarem integrados na classe IIA. Para além disso, verificou-se que 3% das amostras encontravam-se associadas à classe III. Por fim, cerca de 13% ultrapassou o limite máximo de classe III. Este facto deveu-se ao registo dos seguintes resultados: 600 mg/kg (amostra n.º 21/2010 - Anexo 3), 739 mg/kg (amostra n.º 298/2012 - Anexo 3), 771 mg/kg (amostra n.º 299/2010 - Anexo 3) e 800 mg/kg (amostra n.º 19/2010 - Anexo 3).

Tendo em conta que os valores fixados no Decreto-Lei n.º 276/2009 apontam para um limite de 1000 mg/kg para Cu. Verificou-se que estes valores analisados se encontravam conformes para as amostras serem utilizadas na valorização agrícola.

Os teores médios de Zn foram classificados como classe II, com 12% de relatórios de ensaio nesta classe. No entanto, 53% dos dados ficaram na classe I e 16% foram integrados na classe IIA. Verificou-se também que 6% das amostras estavam associadas à classe III. Por fim, registou-se que 13% das amostras analisadas ultrapassou o limite máximo de classe III. Esta constatação deveu-se à existência dos seguintes valores nas amostras analisadas: 1719 mg/kg (amostra n.º 67/2014 - Anexo 3), 2200 mg/kg (amostra n.º 298/2010 - Anexo 3), 2400 mg/kg (amostra n.º 19/2010 - Anexo 3) e 2753 mg/kg (amostra n.º 299/2010 - Anexo 3).

Tendo em conta que os valores fixados no Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro apontam para um limite de 2500 mg/kg para Zn verificou-se que três. Destes valores se encontram conformes para as amostras serem utilizadas na valorização agrícola. O mesmo não aconteceu para a amostra

n.º 299/2010 - Anexo 3, cujos valores a tornam num resíduo, impossibilitando a valorização direta no solo.

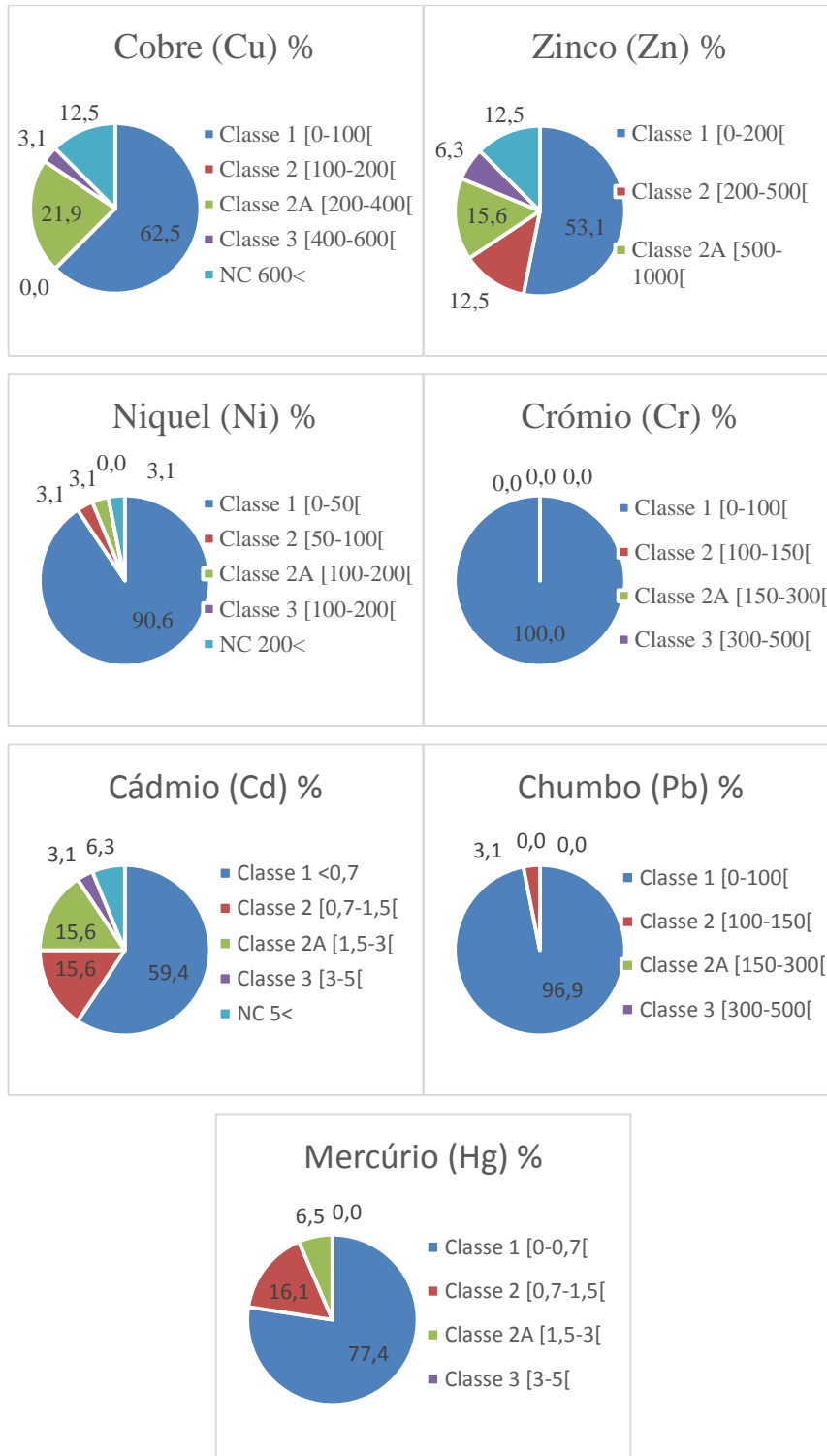


Figura 4.3 – Distribuição em percentagem das amostras nas classes de acordo com os teores de metais pesados para Lamas (mg/kg, sms) (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho)

Apesar dos valores de Zn observados, o metal pesado com mais consequências para esta classificação em análise média é o Cd, cujos valores colocam esta matriz em classe IIA. Na realidade, o Cd foi um parâmetro com resultados muito heterogêneos em grande parte das amostras analisadas no LQARS. Este facto deveu-se à existência de amostras que apresentaram teores de Cd de 33,7 mg/kg (amostra n.º 1104/2011 - Anexo 3) e 38,9 mg/kg (amostra n.º 1103/2011 - Anexo 3).

De acordo com os valores fixados no Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro, que estabelece um valor máximo admissível de 20 mg/kg para Cd. Verificou-se que estas amostras não estavam em condições para serem aplicadas ao solo.

Para o teor de Ni, a amostra n.º 298/2010 obteve um valor de 320 mg/kg, ditando que este produto não poderia ser valorizado diretamente no solo, devido ao elevado nível de contaminação da amostra.

Em suma, verifica-se que os valores registados para os teores de Cu e Ni não se encontram conformes, e os valores de Zn encontram-se muito próximos do limite máximo estabelecido. Comparando os valores obtidos dos teores de metais pesados com os de Domingues (1999), verificou-se que neste estudo eles foram inferiores, exceto para o Cd, que possui um valor idêntico, em semelhança aos valores das DRAP onde se encontram diferenças de inferioridade em 20% para o caso do Hg e Cr, 32% no caso do Pb, duas 50% no caso do Ni e Zn, 60% do Cu e 70% do Cd.

4.1.4 EFLUENTES PECUÁRIOS

A Tabela 4.12 mostra para os efluentes pecuários os diferentes teores em estudo obtidos no período de 2010-2015.

Tabela 4.12 – Evolução dos teores entre 2010 e 2015 de Efluentes Pecuários

Parâmetros	2010	2011	2012	2013	2014	2015
H (%)	46,3	55,0	62,4	51,6	68,6	44,2
pH	8,07	8,17 ^e	8,35 ^e	8,71 ^e	7,02 ^{b,c,d}	8,10
CE (mS/cm)	2,76	11,7	9,78	1,50	1,03	2,04
MO (%)	72,6	71,6	67,5	72,1	56,6	50,6
C (%)	40,3	39,8	37,5	40,1	37,7	14,1
N total (%)	2,48	2,93	3,64	1,87	2,73	1,85
C/N	18,9	16,1	14,6	23,5	17,5	10,9
P2O5 (%)	2,76	3,41	1,73	2,65	1,75	1,56
K2O (%)	1,76	8,58	1,02	1,43	1,04	1,37
CaO (%)	5,59	9,69	1,55	6,81	2,41	5,19
MgO (%)	0,83	3,07	0,60	0,76	0,60	0,67
Cu (mg/kg)	29,0	209	31,3	39,7	83,6	52,2
Zn (mg/kg)	99,0	1 178	113	198	313	186
Ni (mg/kg)	11,3	62,17	3,00	10,6	9,32	10,8
Cr (mg/kg)	15,3	34,0	1,99	4,16	34,0	9,48
Cd (mg/kg)	0,57	2,08	0,10	0,12	0,32	0,07
Pb (mg/kg)	6,71	33,2	1,99	3,75	11,2	5,87
Hg (mg/kg)	0,01	0,09	0,00	0,01	0,04	0,01

Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) de:

a- 2010;

b- 2011;

c- 2012;

d- 2013;

e- 2014;

f- 2015;

Ao longo dos seis anos de estudo verificou-se que o valor de humidade variou entre os 44,3 e 68,6%, sendo que o valor mais elevado terá sido registado em 2014. Estes valores são semelhantes aos praticados pelos produtos compostados, indicando também uma proximidade ao valor de humidade apresentado por Varennes (2003) para efluentes pecuários de aves. Não houve variações estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

O teor de pH apresentou em 2014 o valor baixo de 7,02, ($p < 0,05$) sendo este o mais baixo da totalidade dos anos em estudo. Nos anos seguintes o seu valor manteve-se perto de 8, originando uma média final de 8,10. Nos valores da condutividade elétrica verificou-se um comportamento muito oscilante mas com

significado estatístico., variando entre 1,03 e 11,73 mS/cm sendo este último valor aproximadamente três vezes superior ao máximo recomendado.

Para o teor de matéria orgânica registou-se em 2010 o valor mais alto, que atingiu 72,6%, sendo que em 2015 se observou o valor mais baixo, de 50,6%. O valor médio da matéria orgânica foi de 65,2% devido principalmente à diminuição de valores ao longo dos 6 anos provavelmente ao aumento da prática de pré-compostagem. Não houve variações estatisticamente significativas ($p>0,05$).

A razão C/N teve valores entre os 10,9 e os 23,5 levando ao alto valor de desvio padrão observado. Esta disposição contou com valores muito heterogêneos embora as variações não tenham sido estatisticamente significativas ($p>0,05$).. O comportamento da razão C/N ao longo dos anos em estudo indica que nos encontramos na presença de produtos que estão estabilizados, com a única exceção nos anos de 2013 e 2015 (Golueke, 1981) (Kheren, 1985) (Gonçalves, 1999).

Em relação aos teores de macronutrientes observa-se muita variabilidade durante o período de estudo, principalmente no K_2O , onde o desvio padrão foi superior ao valor médio.

Os metais pesados tiveram um comportamento diversificado nesta matriz, sendo que no ano de 2011 se registou um pico de valores para todos os parâmetros. Em termos médios os valores de Cu e Zn aumentaram cerca de 100% em relação a 2010 mas com muitas oscilações nos anos intermédios. Os valores de Cd e Hg tiveram um comportamento estável, e os teores de Ni, Cr e Pb diminuíram em relação aos valores registados em 2010. Estes teores em metais pesados obtiveram desvios padrão muito altos, com valores normalmente superiores aos valores médios, devido em grande parte ao pico de valores registado em 2011 e cuja causa não se conseguiu apurar. Não houve variações estatisticamente significativas ($P<0,05$).

Em suma, as amostras apresentaram uma grande heterogeneidade para todos os parâmetros.

Na Tabela 4.13 é possível analisar a qualidade da matriz lamas em média dos 6 anos.

A humidade média apresenta um valor de 54,7% sendo que, conforme o teor de humidade média referenciado em Varennes (2003), verifica-se que este produto se enquadra como um produto obtido através de explorações avícolas.

No teor de pH o resultado médio foi alcalino (8,0) e não foi possível obter referências em Santos (1991) nem em Varennes (2003) sobre este parâmetro. Este produto ao ser aplicado no solo levará a que as plantas possam apresentar carência de nutrientes, por estes se encontrarem indisponíveis para absorção. A aplicação deste produto levará à aproximação do pH do solo para valores neutros ou básicos, ainda que esta influência dependerá bastante das características físicas do solo (Pedra, 2007).

Na análise à condutividade elétrica o valor médio está acima do valor máximo sugerido por Gonçalves (1999), bem como acima dos valores do LQARS (2013).

O teor de matéria orgânica nos efluentes pecuários é referenciado apenas por Santos (1991), e o seu valor médio indica novamente que esta matriz é composta essencialmente por efluentes pecuários de explorações avícolas, mais propriamente galinhas poedeiras (60,2% de matéria orgânica para esta espécie).

A razão C/N média nesta análise está dentro das referências fixadas por Gonçalves (1997 e 1999), Ribeiro (1997) e Golueke, (1981), mas ultrapassa a referência dada por Juste (1980). O autor Santos (1991) define um valor de 9 para a razão C/N dos efluentes pecuários de aves, e tendo em conta a análise feita à humidade e à matéria orgânica, a média da razão C/N indica que este produto se encontra num processo onde já está estabilizado. Gonçalves (2005) afirma que estes produtos tendem a começar a compostagem em níveis mais baixos da razão C/N e que esta razão vai aumentando gradualmente até atingir valores próximos de 16.

Tabela 4.13 – Análise dos teores médios de Efluentes Pecuários entre 2010 e 2015

Parâmetros	Média	Desvio padrão (±)	N
H (%)	54,7	8,60	92
pH	8,07	0,52	90
CE (mS/cm)	4,81	4,28	35
MO (%)	65,2	8,50	90
C (%)	34,9	9,40	86
N total (%)	2,58	0,62	84
C/N	16,9	3,90	77
P2O5 (%)	2,31	0,68	89
K2O (%)	2,53	2,72	38
CaO (%)	5,21	2,71	37
MgO (%)	1,09	0,89	37
Cu (mg/kg)	74,1	62,9	26
Zn (mg/kg)	348	378	28
Ni (mg/kg)	17,9	20,0	21
Cr (mg/kg)	16,5	13,1	20
Cd (mg/kg)	0,54	0,71	19
Pb (mg/kg)	10,4	10,6	20
Hg (mg/kg)	0,03	0,03	17

Em termos de poder de fertilização, os valores médios de todos os macronutrientes ultrapassam os valores tabelados no Anexo I do Decreto-Lei n.º 103/2015 com exceção do valor de CaO. Importa salientar que o desvio padrão obtido para K₂O é muito alto. Posto isto, esta matriz tem as qualidades necessárias para ser considerado um adubo orgânico NPK. Os valores médios obtidos coincidem com os referenciados por Santos (1991) e Varennes (2003), uma vez que estes são atribuídos à matéria seca

e os referidos pelos autores são atribuídos à matéria original. Estes valores médios indicam novamente que estamos na presença de uma matriz composta maioritariamente por efluentes pecuários de explorações avícolas.

Na Figura 4.4 é fornecida uma representação da classificação da matriz efluentes pecuários através de percentagem das amostras em relação aos teores em metais pesados, de acordo com o estabelecido no anexo 2 do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Apesar de este não ser o documento que rege a qualidade dos efluentes pecuários, optou-se por fazer a comparação utilizando os mesmos critérios para que seja feita uma avaliação direta entre matrizes. No capítulo 4.3 serão abordadas as diferenças legislativas entre as diferentes matrizes.

Todos os teores médios de metais pesados se enquadram na classe I, à exceção do Zn, de acordo com o anexo 2 do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Os valores com mais relatórios de ensaio com classificações de classe I são o Ni, Hg, Pb e Cr, registando valores superiores a 95%. Apesar do teor médio em Cd e Cu ser de classe I, este obteve apenas 84% e 81% de resultados com esta classe respetivamente.

O teor médio de Cu está incluído na classe I, com 81% dos dados incluídos na classe I, e 12% dos produtos integrados na classe II. Verificou-se que 4% dos produtos estão associados à classe IIA e o mesmo valor para a classe III. Tendo em conta que os valores fixados na Portaria n.º 631/2009 de 9 de junho registam um limite máximo de 500 mg/kg, verifica-se que estes valores se encontram conformes para se realizar a sua inclusão no solo, à exceção da amostra n.º 17/2011 (Anexo 4) que registou um valor de 551,49 mg/kg.

O teor médio de Zn é classificado como classe II, com 29% de relatórios de ensaio nesta classe, 57% dos dados na classe I e 7% integrados na classe IIA. Verifica-se que 4% dos produtos se encontram associados à classe III e que uma percentagem de 4% ultrapassa o limite máximo de classe III, tendo sido registado o valor de 3557,62 mg/kg (amostra n.º 17/2011 - Anexo 4). Considerando que a Portaria n.º 631/2009 de 9 de junho fixa um limite de 1500mg/kg, verifica-se que o produto associado a esta amostra é um resíduo cujos valores impossibilitam a valorização direta no solo.

Os valores registados na amostra n.º 17/2011 (Anexo 4) para o Cu e Zn, indicam que este produto não poderá ser valorizado diretamente no solo, devido ao seu nível de contaminação. Neste sentido, deverá ser tratado como um resíduo, sendo necessário recorrer a outro tipo de tratamento secundário (ex: compostagem).

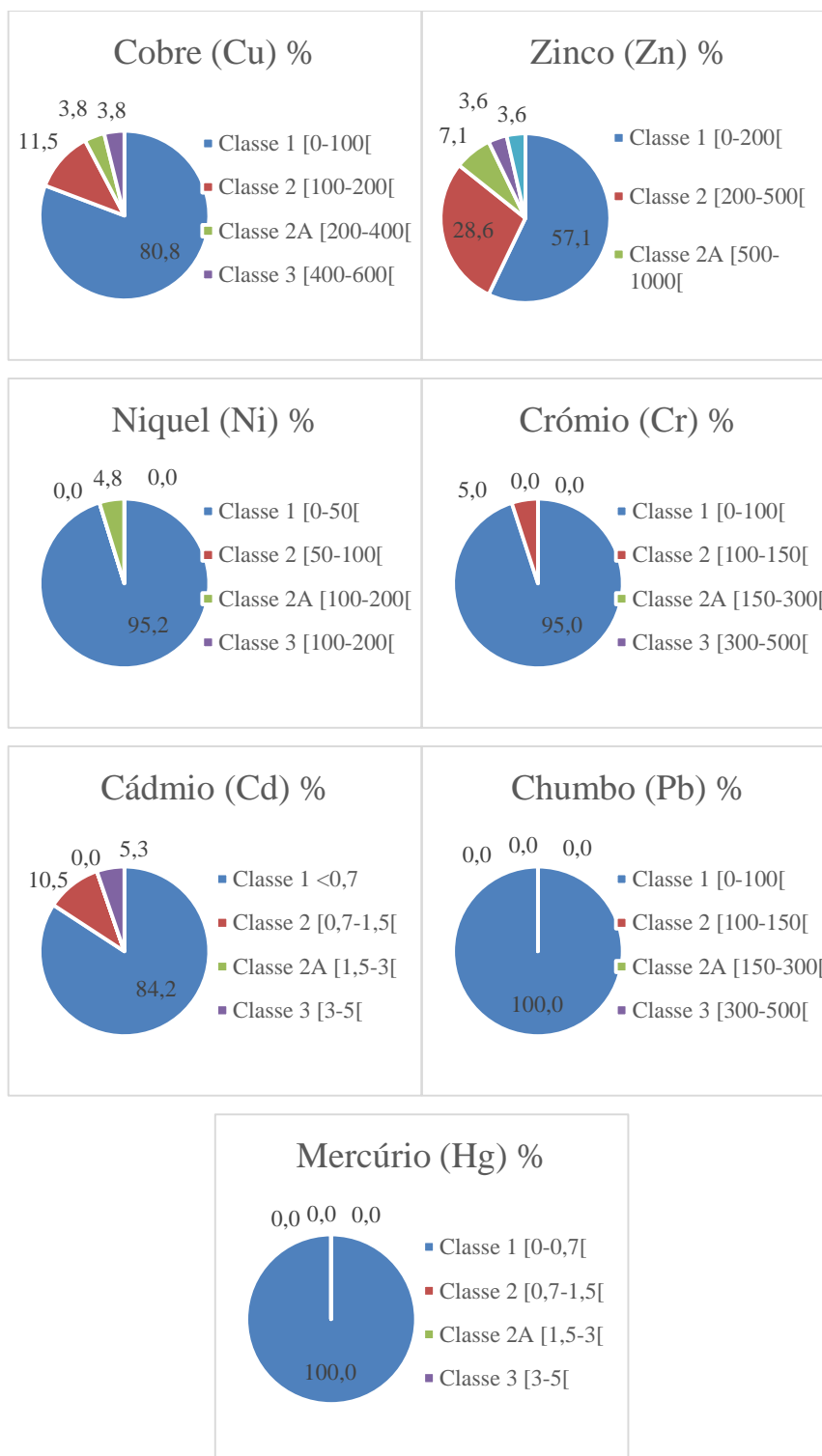


Figura 4.4 – Distribuição em percentagem das amostras nas classes de acordo com os teores de metais pesados para Efluentes Pecuários (mg/kg, sms) (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho)

4.2 QUALIDADE VS MATRIZ

Esta análise foi realizada com o intuito de comparar as diferentes características de cada matriz e respetiva qualidade enquanto corretivo orgânico. A Tabela 4.14 serve de base para toda a análise

efetuada neste capítulo. Apenas não houve variações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) para os parâmetros Ni e Zn registrando-se para os outros parâmetros muitas divergências ($p < 0,05$).

A humidade foi mais alta nas Lamas sendo espectável este resultado tendo em conta a sua origem. Este alto teor de humidade torna o produto pastoso o que prejudica a sua distribuição nos solos (Gonçalves, 1999).

Os valores de pH foram semelhantes entre o CRIBO e as lamas, estando para o caso das lamas, afastado do observado por Domingues (1999). Domingues (1999) indicou que na caracterização das lamas encontrou um valor médio de 6,7 enquanto este trabalho evidenciou um valor médio de 7,6. O valor de pH mais alto obtido nas diferentes matrizes foi observado no CRSU ao atingir 8,56 valor semelhante ao encontrado por Gonçalves (1997).

Os valores de condutividade elétrica foram mais elevada nos efluentes pecuários. O estudo revelou um valor médio de 4,8 mS/cm, sendo este valor 50% acima de 3,1, valor referido por Gonçalves (2005).

Por outro lado observou-se que os valores de condutividade elétrica no CRSU é duas vezes superior à registada pelo CRIBO e lamas.

Os teores de matéria orgânica nas lamas e efluentes pecuários foram maiores comparativamente com as matrizes CRIBO e CRSU. Estes teores elevados poderão dever-se ao facto da matéria orgânica do CRIBO e CRSU estar mais estabilizada. Segundo Gonçalves (2005) os valores originais de matéria orgânica tendem a sofrer reduções de 35% a 50% durante a estabilização. Portanto é expectável que após uma redução de 40%, os teores de matéria orgânica tendem a ficar próximo dos 45%, que é inferior ao registado nas outras matrizes. Em todas as matrizes os teores de matéria orgânica encontrados foram superiores aos teores mínimos de matéria orgânica para serem considerados como corretivos orgânicos (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho).

Os resultados médios da razão C/N evidenciaram que apenas as matrizes CRIBO e efluentes pecuários se encontravam entre 15 e 20, sugerindo que as amostras destas matrizes eram as que estavam mais estabilizadas (Juste, 1980; Golueke, 1981; Kehren, 1985; Silveira, 1987; Gonçalves, 1999). As lamas e o CRSU encontram-se abaixo desses valores, sugerindo uma menor estabilização das amostras dessas matrizes (Domingues, 1999; Gonçalves, 1999).

Em relação aos macronutrientes as lamas apresentaram maior valor de N total e P₂O₅ total, no entanto foi a matriz com menores teores em de K₂O, CaO e MgO totais. Todas as restantes matrizes registaram valores semelhantes em macronutrientes exceto para os teores em N total, que foram inferiores no CRIBO, para os teores em P₂O₅ e K₂O que foram mais elevados nos efluentes pecuários e para os teores em CaO total que foram mais elevados no CRSU.

Relativamente ao potencial de fertilização, parece que os efluentes pecuários têm um potencial superior às restantes matrizes uma vez que é a única matriz que de uma forma geral se pode comportar com um adubo orgânico uma vez que apresenta teores de macronutrientes principais superiores a 2%

Relativamente aos teores de metais pesados e comparando com os valores no anexo 2 do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho, constatou-se que as matrizes CRIBO, CRSU e efluentes pecuários são classificadas como classe II e as lamas são classificadas como Classe IIA. As matrizes CRIBO e efluentes pecuários entram na classe II devido aos valores de zinco que estão compreendidos entre 200 e 500 mg/kg. Por sua vez a matriz CRSU atinge classe II pelos teores de Cu compreendidos entre 100 e 200 mg/kg, pelos teores de Zn compreendidos entre 200 e 500 mg/kg e ainda pelos valores de Cd estarem compreendidos entre 0,7 e 1,5 mg/kg. Por fim, as lamas atingem a classe IIA devido aos valores de Cd estarem compreendidos entre 1,5 e 3,0 mg/kg.

Tabela 4.14 – Comparação entre os valores médios para as diferentes matrizes

Parâmetros	CRIBO	CRSU	Lamas	Efluentes Pecuários
	Média			
H (%)	33,5 ^{b,c,d}	26,0 ^{a,c,d}	78,4 ^{a,b,d}	54,7 ^{a,b,c}
pH	7,67 ^{b,d}	8,56 ^{a,c,d}	7,63 ^{b,d}	8,07 ^{a,b,c}
CE (mS/cm)	1,67 ^{b,d}	2,70 ^{a,c,d}	1,31 ^{b,d}	4,81 ^{a,b,c}
MO (%)	50,8 ^{c,d}	51,0 ^{c,d}	76,2 ^{a,b,d}	65,2 ^{a,b,c}
C (%)	26,1 ^{c,d}	29,5 ^{c,d}	43,9 ^{a,b,d}	34,9 ^{a,b,c}
N total (%)	1,88 ^{b,c,d}	2,47 ^{a,c}	6,27 ^{a,b,d}	2,6 ^{a,c}
C/N	15,5 ^{b,c}	13,1 ^{a,c,d}	9,83 ^{a,b,d}	16,9 ^{b,c}
P ₂ O ₅ (%)	1,40 ^{c,d}	1,48 ^{c,d}	4,59 ^{a,b,d}	2,31 ^{a,b,c}
K ₂ O (%)	1,39 ^d	1,55 ^d	1,06 ^d	2,53 ^{a,b,c}
CaO (%)	5,77 ^{b,c}	10,3 ^{a,c,d}	3,25 ^{a,b,d}	5,21 ^{b,c}
MgO (%)	0,91 ^c	0,96 ^c	0,48 ^{a,b,d}	1,09 ^c
Cu (mg/kg)	75,5 ^b	115,7 ^{a,d}	105	74,1 ^b
Zn (mg/kg)	253	271	279	348
Ni (mg/kg)	18,4	19,0	17,6	17,9
Cr (mg/kg)	14,4 ^b	31,6 ^{a,c,d}	14,5 ^b	16,5 ^b
Cd (mg/kg)	0,64 ^c	0,83 ^c	2,28 ^{a,b,d}	0,54 ^c
Pb (mg/kg)	34,4 ^{b,c,d}	59,7 ^{a,c,d}	18,0 ^{a,b}	10,4 ^{a,b}
Hg (mg/kg)	0,15 ^{b,d}	0,27 ^{a,c,d}	0,16 ^{b,d}	0,03 ^{a,b,c}
Classificação	II	II	IIA	II

a- Diferente estatisticamente de CRIBO (P<0,05);

b- Diferente estatisticamente de CRSU (P<0,05);

c- Diferente estatisticamente de Lamas (P<0,05);

d- Diferente estatisticamente de Efluentes Pecuários (P<0,05).

4.3 QUALIDADE VS LEGISLAÇÃO - QUALIDADE EM RELAÇÃO AOS LIMITES EXIGIDOS POR LEI

Durante este trabalho constatou-se que existe uma grande diversidade na legislação aplicada aos diferentes tipos de matrizes abordadas. A Tabela 4.15 é fundamental para analisar os limites máximos em metais pesados nos produtos utilizados como corretivos orgânicos, regulando assim a sua qualidade.

A regulação dos compostos orgânicos é efetuada pelo do Decreto-Lei n.º103/2015 de 15 de junho e está organizada com um sistema de classificação de compostos. Cada uma dessas classes autoriza um uso com maior ou menor restrição.

Um composto que não cumpra os valores estabelecidos para a classe III deverá ser tratado como um resíduo sendo analisada uma de duas alternativas: re-compostagem ou deposição definitiva em aterro sanitário. Por outro lado, o composto é sempre classificado consoante a concentração mais alta atingida por um dos teores em metais pesados. Caso um composto obtenha classe superior a II, já não pode ser aplicado em agricultura generalizada, podendo apenas ser aplicado em culturas arbóreas ou arbustivas onde se consuma apenas o fruto. Se o composto pertencer à classe III pode única e exclusivamente ser aplicado em culturas silvícolas que não se destinem ao consumo humano.

A regulação de efluentes pecuários é efetuada através da Portaria n.º 631/2009 de 9 de junho e regula os valores limite de metais pesados. Estes apenas têm de respeitar o nível máximo que coincide com fixado pelo Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho, com exceção dos valores de Cu e Pb.

As lamas são reguladas pelo Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro, que possui valores mais abrangentes que os do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de julho e Portaria n.º 631/2009 de 9 de junho. Isto deve-se provavelmente ao facto de os limites não serem atualizados desde a transposição da Diretiva n.º 86/278/CEE através do Decreto-Lei n.º 446/91 de 22 de novembro.

CONCLUSÕES

5.1 AS MATRIZES

É irrefutável que a estratégia de valorizar/reciclar os resíduos produzidos pelas atividades antropogênicas é uma filosofia sustentável. Adicionar ao solo este tipo de matérias de maneira a fechar o ciclo de consumo, ao integrar novamente os elementos na cadeia de consumo, é mais interessante do ponto vista ecológico e econômico do que incinerar ou depositar em aterros sanitários.

Neste trabalho conseguiu-se caracterizar e identificar as quatro principais matrizes de corretivos orgânicos.

A partir dos resultados obtidos observou-se que as diferentes matrizes estudadas apresentaram qualidades distintas. As matrizes com melhor qualidade foram o CRIBO e os efluentes pecuários, muito semelhantes em termos de valor. As lamas evidenciaram pior qualidade comparativamente com as restantes. O CRIBO apresenta uma melhor qualidade uma vez que possui melhores características e maior estabilidade para corrigir os solos.

Os efluentes pecuários comparativamente com o CRIBO apresentaram concentrações mais baixas de nutrientes na matéria original e menor estabilidade o que poderá indicar que têm um maior poder fertilizante e ao mesmo tempo uma menor capacidade em corrigir a matéria orgânica do solo.

O CRSU apresenta valores interessantes de matéria orgânica e macronutrientes mas a sua concentração em metais pesados crescente levanta algumas reservas quanto à sua utilização continuada. Por fim, as lamas apresentaram a pior qualidade comparativamente com as restantes matrizes uma vez que a sua matéria orgânica foi a que apresentou indícios de menor estabilização e foi aquela que apresentou níveis mais elevados em metais pesados.

Todas as matrizes, principalmente os efluentes pecuários, revelaram ter um poder fertilizante relevante, podendo ser uma boa alternativa aos fertilizantes inorgânicos.

As lamas foram aquelas que apresentaram de um modo geral teores de metais pesados mais elevados.

Em todas as matrizes, os valores de metais pesados com presença mais acentuada foram o Cu e Zn.

No entanto, desses metais pesados foi o Zn que mais limitou a qualidade das matrizes estudadas uma vez que em relação aos CRSU e CRIBO promoveu o aumento das suas classes e em relação às lamas promoveu valores superiores aos permitidos pela legislação.

Analisando os resultados de 2010 a 2015 conclui-se que a única matriz que registou aumentos significativos de metais pesados ao longo dos anos foi a CRSU. Nas restantes matrizes, verificou-se um comportamento estável ou uma diminuição no caso do CRIBO.

O trabalho permitiu concluir que a análise individual da razão C/N não é adequada para indicar se os corretivos orgânicos e lamas estão estabilizados, uma vez que observaram-se alguns casos em que a razão C/N sugeria que a matriz estava estabilizada mas havia outros parâmetros que contrariaram essa informação. Deste modo a razão C/N deverá ser usada como um parâmetro útil para avaliar a estabilidade dos corretivos orgânicos e lamas desde que seja feita em conjunto como outros parâmetros, como por exemplo a matéria orgânica e o valor de pH. Posto isto sugere-se que a avaliação da estabilidade dos produtos seja efetuada através de métodos alternativos.

5.2 LEGISLAÇÃO

Durante este trabalho constatou-se que existe uma grande diversidade de legislação aplicada aos diferentes tipos de matrizes abordadas neste trabalho. A regulação dos compostos orgânicos através do Decreto-Lei n.º103/2015 de 15 de junho é muito mais restrita em termos de conformidades quando comparado com o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro que rege as lamas e a portaria 631/2009 que rege a aplicação dos efluentes pecuários. A Portaria n.º 631/2009 de 9 de junho restringe a aplicação de efluentes pecuários ao solo apenas no teor de metais pesados, sendo os limites legislados equivalentes à classe III dos compostos orgânicos (classe com maior concentração em metais pesados), e o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro apresenta valores máximos admissíveis ainda mais altos com parâmetros cuja diferença chega a ser 5 vezes superior à classe III dos compostos orgânicos. Ao contrário dos compostos orgânicos, em que um composto de classe IIA já não poderá ser utilizado em todo tipo de agricultura, caso seja uma lama ou um efluente pecuário com teores equivalentes à classe III, não existe essa distinção quanto à cultura alvo.

Por outro lado, o Anexo 2 do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho fixa também os limites máximos e mínimos de alguns parâmetros. Ao analisar esta legislação é possível identificar que são considerados fundamentais três parâmetros, sendo que são excluídos todos os compostos orgânicos que não respeitem os valores limite da humidade, do pH e do teor de matéria orgânica. Os limites impostos não têm qualquer referência aos tipos de qualidade tornando-os em limites de exclusão ao invés de qualitativos.

Esta metodologia pode ser considerada errada devido a incoerências entre matrizes. Estas podem apresentar sempre (p. ex. efluentes pecuários) valores de humidade muito altos e não faria sentido serem comparados com outras matrizes com menor humidade. Contudo, tornou-se justificável do ponto de vista de utilização e qualidade comparar os produtos como semelhantes em termos de regulamentação. Deste modo foi possível realizar uma análise equivalente de todos os parâmetros.

PROPOSTA FUTURA

6.1 DADOS

Os dados da caracterização físico-química dos corretivos orgânicos e lamas produzidos em Portugal não foram obtidos facilmente, e possivelmente, no caso das lamas e efluentes pecuários estão desatualizados da atual realidade do País. Na realidade, a informação das quantidades produzidas e a sua caracterização e conseqüente qualidade é ainda escassa pelo que deveria ser realizada uma base de dados de caracterização geral para servir de guia à produção e utilização deste tipo de matérias.

6.2 LEGISLAÇÃO

O Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho deveria limitar a utilização da matéria fertilizante de acordo com o fator do grau de maturação do composto, no sentido de proteger o utilizador destes produtos e assim evitar comparações erradas. Esta integração permitiria reforçar que os valores aparentemente mais elevados em compostos menos maturados, revelem que, no final da aplicação, não forneçam ao solo as mesmas propriedades que compostos bem maturados.

Nos Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro e Portaria n.º 631/2009 de 9 de junho deveria ser criada também uma classificação de produtos de modo a restringir as culturas em que são aplicados, à semelhança do Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Deveria ainda ser necessária uma indicação do grau de maturação dos produtos utilizados de modo a permitir uma correta utilização destes produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baudin, M.; Delcarte, E.; Impens, R. (1987). *Agronomic characterization and evaluation of two new wast composts*. In: Compost: production, quality and use. M. de Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L'hermit and F. Zucconi (Eds.) Elsevier Applied Science. Londres, p. 479-485.

Benton-Jones Jr., J.B, (2002). *Agronomic handbook: Management of Crops, Soils and their Fertility*. CRC Press.

Brito L.M. (1997). *Taxas de mineralização da matéria orgânica nos resíduos sólidos urbanos: Efeitos agronômicos e ambientais. Produção de correctivos orgânicos a partir de resíduos sólidos urbanos- sua importância para a agricultura nacional – Exponor, Matosinhos.*

Código de boas práticas agrícolas contra a poluição com nitratos de origem agrícola (2013). Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.

D. de Brogniez, C. Ballabio, A. Stevens, R. J. A. Jones, L. Montanarella and B. van Wesemael, (2014) *Topsoil Soil Organic Carbon* (LUCAS). Centro Comum de Investigação da Comunidade Europeia

Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de outubro. Estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, de forma a evitar efeitos nocivos para o homem, para a água, para os solos, para a vegetação e para os animais, promovendo a sua correcta utilização, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 86/278/CEE (EUR-Lex), do Conselho, de 12 de Junho. Diário da República, 1.ª série — N.º 192 — 2 de Outubro de 2009.

Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes, assegurando a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 2003/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 2003, relativo aos adubos. Diário da República, 1.ª série — N.º 114 — 15 de junho de 2015.

Despacho n.º 8400/2015, de 22 de julho. Cria a Comissão Técnica de Acompanhamento da Diretiva Lamas. Diário da República, 2.ª série — N.º 148 — 31 de julho de 2015.

Despacho n.º 10182/2015, de 11 de setembro. Determina a constituição do Grupo de Trabalho Lamas (GTL). Diário da República, 2.ª série — N.º 178 — 11 de setembro de 2015.

Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural acedido a 08-02-2016 e disponível em <http://www.dgadr.mamaot.pt>.

Domingues, H. (1999). *Comportamento de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) em solos tratados com lamas residuais urbanas*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Faulin, G. (2005). *Variabilidade espacial do teor de água e sua influência na condutividade elétrica do solo*. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Fernandes, M^a. J. C. (2012). *Avaliação do processo a implementar numa central de compostagem: Formulação de misturas de resíduos*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Godinho, C. (2009). *Impacte da Revisão da Diretiva Valorização de Lamas nos Custos de Tratamento de Águas Residuais*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Golueke, C.G. (1981). *Principles of biological resource recovery*. BioCycle, 22, p. 36-40

Gonçalves, M. S. (1997). *Composto de RSU Produção de correctivos orgânicos a partir de resíduos sólidos urbanos- sua importância para a agricultura nacional*. Exponor, Matosinhos.

Gonçalves, M. S. (1999). *Gestão e tratamento de resíduos sólidos urbanos. Sua valorização para fins agrícolas pelo método de compostagem*. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

Inspecção Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território (2004). *Avaliação do Desempenho Ambiental das Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas em Portugal Continental*.

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, acessado a 13-2-2016, 18:25 e disponível em www.inia.pt.

Jiménez, E.I., Garcia V.P. (1989). *Evaluation of city refuse compost maturity: A review*. Biol. Wastes.

Juste, C. (1980). *Avantages et inconvenients de l'utilisation des compost d'ordures menagères come amendement organique des soils ou supports de cultures*. In Conference on Compost, 22-24 january, Madrid. Cit. Jiménez and Garcia (1989)

Kehren, L. (1985). *Traitements par voie biologique des résidus solides*. Curso de especialização em Engenharia Sanitária - Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa.

Kroiss, H. (2005). *What is the potential for utilizing the resources in sludge*. Vienna University of Technology, Institute for Water Quality and Waste Management.

Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (2006). *Manual de Fertilização de Culturas*. INIA & LQARS.

Nutriverde, acessado a 14-02-2016 e disponível em <http://www.nutriverde.pt>.

Pedra, F. (2007). *Aproveitamento agrícola de dois correctivos orgânicos aplicados em dois solos: dinâmica da matéria orgânica, dos metais pesados e efeito sobre o comportamento das plantas*. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C. (2003). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. 3ª edición, Mundi-Prensa Libros S.A.

Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho. Estabelece as normas regulamentares a que obedece a gestão dos efluentes das atividades pecuárias e as normas regulamentares relativas ao armazenamento, transporte e valorização de outros fertilizantes orgânicos. Diário da República, 1.ª série — N.º 111 — 9 de Junho de 2009.

Ribeiro H. M. F. (1997). *Utilização agrícola de resíduos sólidos urbanos compostados. Produção de correctivos orgânicos a partir de resíduos sólidos urbanos- sua importância para a agricultura nacional*. Exponor, Matosinhos.

Russo, M. (2003). *Tratamento de resíduos sólidos - Texto de apoio aos alunos da disciplina de tratamento de resíduos sólidos*. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade de Coimbra.

Santos, J.Q (1991). *Fertilização – Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. Coleção Euroagro. Publicações Europa América

Silveira, A. (1987). *Contribuição para o estudo da influência da relação carbono/azoto no processo de compostagem de resíduos sólidos*. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa.

SIPACE Sistema de Informação do Plano de Aprovação e Controlo dos Estabelecimentos, acedido a 08-02-2016 e disponível em <https://sipace.dgv.min-agricultura.pt/Estabelecimentos/PublicacaoNCV?s.Seccao=26>.

Tan, K.H. (1998). *Principles of soil chemistry*. 3^o edition, Marcel Dekker.

Valorsul, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos das Regiões de Lisboa e do Oeste, S.A, acedido a 14-02-2016, e disponível em www.valorsul.pt.

Varennes, A. (2003). *Produtividade dos Solos e Ambiente*. Escolar Editora, Lisboa

Vidarural, *Alternativas para uma utilização sustentável de efluentes agro pecuários como fertilizantes* acedido a 06-03-2016, 13:33 e disponível em www.vidarural.pt

Zucconi, F. Bertoldi, M. (1986). *Compost Specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste*. London, England. In: Compost: production, quality and use. M. de Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L'Hermit and F. Zucconi (Eds.) Elsevier Applied Science. London,

ANEXOS

ANEXO I – DADOS LQARS CRIBO

Amostra N°	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
2010																		
3	42,8	5,17	0,71	81,1	45,8	2,08	22	2,36	0,2	3,09	0,18	189	714	20,8	0,1	0,88	24,5	0,5
25	45,9	5,08	0,8	82,8	46,8	1,95	24	2,1	0,21	2,66	0,05	162	461	16,9	9,7	0,9	20,9	0,38
47	44,1	5,27	0,77	81,9	45,4	2,39	19	2,16	0,21	2,77	0,12	-	-	-	-	-	-	-
48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	173	668	19,8	0,1	1,14	27,3	0,38
79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	166	612	17,8	15,6	0,97	24,4	0,33
84	47,7	4,54	0,36	80,7	36,6	1,17	31,3	1,96	0,23	2,46	0,17	-	-	-	-	-	-	-
161	53	4,44	0,62	79,6	44,2	1,81	24,4	1,7	0,23	1,91	0,24	-	-	-	-	-	-	-
162	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139	572	22,2	5,9	0,9	24,7	0,36
309	4,75	8,27	1,03	17,1		0,83		0,33	0,69	1,45	1,26	29,1	174	31,8	14,9	0,92	50,8	0,09
384	48,1	7,14	0,5	81,6	45,4	2,33	19,5	1,77	0,2	1,85	0,15	-	-	-	-	-	-	-
385	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	134	551	14,9	6,81	0,77	23,8	0,46
478	45,8	6,87	0,55	80,9	45,1	2,36	19,1	1,77	0,16	1,86	0,09	-	-	-	-	-	-	-
479	38	5,66	0,66	78,8	43,7	2,08	21	1,74	0,21	1,71	0,19	-	-	-	-	-	-	-
537	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
538	14,1	6,32	6,38	81,61	45,34	3,86	11,76	2,20	3,04	2,87	0,98	80,68	454,85	7,31	0,47	0,17	1,68	0,008

Amostra N°	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
547	42,71	8,46	0,33	91,32	50,73	1,73	29,40	3,03	0,67	4,60	0,64	156,74	431,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
561	37,87	6,52	0,37	85,79	47,66	1,91	24,91	1,46	0,21	1,59	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
564	19,62	8,97	2,84	51,20	28,44	2,95	9,66	1,35	1,94	13,11	0,50	41,89	108,75	11,43	17,76	0,58	27,63	0,060
2011																		
99	29,05	7,67	0,25	19,18	10,66	1,19	8,99	0,76	0,17	6,98	0,34	16,67	34,15	17,42	22,63	0,40	11,26	0,16
329	35,25	8,73	0,22	16,65	9,25	0,80	11,57	0,40	0,64	2,42	1,66	44,24	220,89	35,53	11,73	0,98	56,76	0,01
330	33,18	8,80	0,59	20,51	11,39	0,80	14,24	0,49	0,93	2,92	2,03	67,36	232,54	36,78	15,54	1,04	93,50	0,08
331	32,49	8,72	0,40	19,51	10,84	0,80	13,55	0,43	0,74	2,27	1,53	59,28	193,00	31,90	14,61	0,86	318,65	0,03
332	46,06	7,87	0,72	26,33	14,63	1,59	9,23	0,86	1,11	2,88	1,86	56,15	135,19	34,61	18,01	0,85	105,89	0,04
428	52,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111,97	437,36	18,74	19,50	2,56	23,57	0,20
424	15,40	-	-	16,91	9,39	1,05	8,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
429	47,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111,06	380,98	17,19	15,98	1,87	19,72	0,17
960	18,42	7,45	3,37	33,92	18,84	1,58	11,90	2,08	1,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1059	20,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1060	13,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1061	21,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1062	14,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1136	57,15	7,38	1,28	40,30	22,39	2,81	7,96	3,28	1,25	7,61	1,03	402,59	653,22	31,37	10,25	3,09	132,76	0,44
1146-A	24,93	7,64	1,44	21,27	11,82	0,80	14,77	0,63	2,73	9,70	0,48	16,52	35,38	16,55	20,67	0,41	10,81	0,19
1146-B	25,06	-	-	20,27	11,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012																		
71	21,14	8,61	9,10	32,41	18,01	2,11	8,54	3,80	4,36	26,02	0,90	43,40	153,27	7,62	13,11	0,78	34,64	0,01
72	47,83	7,81	0,88	32,63	18,13	1,93	9,38	1,25	1,57	4,79	1,00	43,48	123,55	12,71	19,34	0,20	18,71	0,00
74	16,67	8,28	4,09	33,11	18,40	1,68	10,94	1,88	1,98	31,94	0,73	31,99	103,55	4,14	3,33	0,17	3,33	0,01

Amostra N°	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
75	30,36	8,98	2,60	40,14	22,30	1,88	11,86	2,47	2,83	11,84	1,36	56,68	217,02	11,99	8,01	0,29	20,74	0,01
76	48,20	8,05	0,77	29,14	16,19	1,68	9,62	1,33	1,59	5,02	1,07	79,61	133,37	15,10	22,33	0,20	52,37	0,00
77	13,71	5,91	1,85	91,19	50,66	3,30	15,37	0,38	3,51	1,19	0,59	83,88	16,70	3,33	3,33	0,07	3,33	0,02
100	35,61	8,49	1,50	62,73	34,85	2,43	14,35	1,06	1,46	6,90	0,90	273,78	943,39	37,30	64,59	1,45	234,90	0,30
137	28,54	7,91	1,31	35,52	19,73	1,75	11,25	1,72	0,81	10,39	1,74	220,32	500,48	55,06	56,93	2,72	261,14	0,41
138	22,79	9,03	1,31	45,44	25,25	2,84	8,91	9,54	0,86	20,95	1,51	103,35	342,99	11,12	19,61	1,49	17,24	0,21
139	35,25	8,12	1,70	44,37	24,65	2,77	8,91	9,56	0,97	20,87	1,54	103,95	361,93	14,76	16,76	1,28	14,02	0,18
176	30,20	8,64	1,15	66,43	36,90	1,94	19,00	0,94	1,32	6,94	1,02	289,58	427,65	29,59	35,72	0,95	89,12	0,20
177	11,94	8,39	5,39	54,19	30,11	2,84	10,61	1,29	2,17	11,19	0,77	38,29	103,42	7,40	13,01	0,46	23,08	0,06
178	23,73	9,04	1,98	53,84	29,91	2,89	10,36	1,20	2,02	11,69	0,81	39,73	97,11	8,14	10,16	0,44	16,64	0,05
183	40,86	7,33	1,07	25,11	13,95	1,38	10,11	0,81	1,34	3,06	2,05	58,30	136,89	33,88	18,40	0,35	100,16	0,07
184	30,47	7,30	0,54	58,46	32,48	1,73	18,80	0,99	0,87	2,66	1,28	35,53	90,96	26,72	33,63	0,16	24,80	0,06
185	10,79	7,20	1,47	21,16	11,75	0,77	15,23	0,57	0,91	2,45	2,04	49,25	129,77	42,40	32,90	0,19	26,56	0,05
186	14,60	7,65	0,99	23,72	13,18	0,86	15,24	0,67	0,90	2,39	1,97	51,35	244,43	40,63	27,84	0,19	27,90	0,05
188	33,53	9,10	4,12	56,95	31,64	3,09	10,22	2,46	5,03	5,18	1,44	-	-	-	-	-	-	-
189	34,07	8,76	0,63	29,62	16,46	1,47	11,21	1,87	0,81	5,59	1,38	-	-	-	-	-	-	-
190	36,88	6,54	0,91	20,03	11,13	0,96	11,60	2,39	0,57	3,97	2,53	-	-	-	-	-	-	-
191	11,59	7,28	1,55	20,93	11,63	0,87	13,41	0,58	0,93	2,25	2,00	-	-	-	-	-	-	-
192	14,98	7,77	1,01	23,86	13,25	0,92	14,35	0,68	0,95	2,53	1,90	-	-	-	-	-	-	-
213	4,99	7,96	1,51	22,44	12,47	0,97	12,92	0,62	1,09	2,56	1,81	54,22	156,56	35,61	19,85	0,23	44,98	0,05
214	12,04	8,10	0,52	21,59	11,99	1,05	11,41	0,64	0,82	2,54	2,10	42,18	125,20	40,24	20,94	0,15	24,12	0,04
215	17,89	7,46	5,00	82,25	45,70	3,39	13,47	2,59	4,36	3,96	1,18	87,29	460,21	5,89	3,33	0,16	3,33	0,00
271	54,53	7,42	2,89	40,14	22,30	1,95	11,45	2,33	2,85	10,81	1,57	70,58	289,66	10,09	4,68	0,30	7,36	0,03
282	15,69	8,15	3,12	65,20	36,22	2,06	17,58	1,17	2,65	7,96	1,52	-	-	-	-	-	-	-

Amostra N°	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
283	16,47	8,16	3,02	67,43	37,46	2,32	16,22	1,15	2,63	6,50	1,67	-	-	-	-	-	-	-
284	16,82	8,26	3,40	65,82	36,57	2,10	17,43	1,17	2,81	6,74	1,90	-	-	-	-	-	-	-
285	20,45	8,80	2,55	73,68	40,93	1,97	20,81	1,19	2,99	5,23	2,34	-	-	-	-	-	-	-
286	62,94	6,73	0,13	86,82	48,23	0,50	-	0,38	0,10	5,97	0,14	-	-	-	-	-	-	-
373	45,90	8,58	1,28	67,34	37,41	1,88	19,88	0,85	1,15	5,78	0,95	140,96	397,12	26,14	58,61	0,63	89,23	0,24
393	8,77	8,23	5,87	50,35	27,97	2,49	11,25	1,27	2,44	16,03	0,91	37,46	90,04	7,92	48,14	0,33	20,05	0,06
394	19,88	9,08	2,39	49,39	27,44	2,39	11,49	1,14	2,32	15,63	0,93	40,51	89,10	8,09	9,55	0,35	25,47	0,05
402	20,81	7,04	3,00	31,46	17,48	1,82	9,60	2,64	1,24	12,92	1,11	125,79	512,53	17,17	20,17	0,85	45,93	0,33
495	28,21	8,21	1,64	39,06	21,70	1,98	10,98	10,05	0,82	22,96	1,75	98,72	362,32	14,71	51,14	1,37	13,51	0,00
496	32,90	8,41	1,84	38,31	21,28	2,02	10,57	10,05	0,90	23,59	1,76	100,29	363,35	13,28	25,24	1,30	14,55	0,00
497	20,88	9,25	2,49	49,50	27,50	2,74	10,03	1,71	2,59	11,22	0,81	42,55	108,83	6,84	7,92	0,45	20,25	0,06
519	63,30	8,16	0,41	77,42	43,01	1,49	28,92	0,86	1,60	3,24	0,52	25,49	105,91	6,39	3,34	0,18	4,25	-
520	25,37	7,49	1,05	21,56	11,98	0,83	14,38	0,72	0,41	7,47	0,38	35,14	112,02	11,18	15,56	0,31	16,99	0,16
521	13,19	4,69	0,09	9,26	5,14	0,50	10,29	0,38	0,56	0,23	0,75	16,72	70,08	7,27	11,39	0,11	29,31	0,06
523	33,36	7,51	2,83	43,56	24,20	3,01	8,04	2,18	1,29	11,68	2,15	271,57	608,08	47,36	90,53	2,87	291,77	0,00
524	27,44	-	-	46,91	26,06	-	-	-	-	-	-	-	270,88	446,33	150,96	0,11	-	-
525	21,16	-	-	55,01	30,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,94	0,45	-	-
528	45,99	8,39	1,33	39,55	21,97	2,53	8,68	9,83	0,94	21,81	2,07	88,19	382,19	10,72	19,78	0,00	13,25	0,00
530	33,93	7,87	0,62	73,89	41,05	3,14	13,07	0,60	1,37	3,56	0,38	22,09	57,55	3,93	4,33	0,20	3,33	0,02
531	32,62	7,92	0,52	75,20	41,78	4,28	9,76	0,63	1,36	3,48	0,39	21,61	69,55	4,42	4,12	1,08	3,94	0,02
532	35,10	7,79	0,56	72,47	40,26	3,00	13,44	0,62	1,35	3,46	0,38	21,71	57,76	3,73	3,52	0,15	3,33	0,02
533	32,99	7,83	0,62	74,15	41,19	2,73	15,07	0,58	1,40	3,22	0,38	21,62	57,41	4,70	4,54	0,14	3,33	0,02
538	33,07	8,78	1,42	69,98	38,88	11,02	3,53	2,77	2,10	9,32	1,13	27,59	154,43	3,52	3,33	0,17	3,33	0,02
539	32,81	8,79	1,19	68,15	37,86	9,17	4,13	2,63	2,20	8,06	1,08	29,18	154,32	3,81	3,33	0,16	3,33	0,02

Amostra N°	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
540	34,74	8,06	1,70	54,85	30,47	5,87	5,19	1,09	1,11	8,18	1,77	192,56	461,63	26,51	12,92	1,13	132,33	0,92
541	20,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,58	0,41	-	-
542	48,42	7,31	2,78	53,38	29,66	5,18	5,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
547	26,55	7,00	0,09	24,52	13,62	0,50	27,25	0,38	0,29	1,01	0,31	19,96	80,02	15,46	25,14	0,37	6,90	0,02
552	27,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,04	0,46	-	-
2013																		
12	59,50	6,45	-	79,55	44,19	-	-	-	-	3,54	0,40	-	-	-	-	-	-	-
14	36,46	9,17	1,47	56,56	31,42	2,84	11,06	0,96	1,86	12,56	0,53	37,38	96,98	5,07	5,60	0,47	17,61	0,04
165	19,83	9,59	4,86	44,64	24,80	2,34	10,59	7,46	5,95	22,93	1,63	79,00	745,97	8,08	3,33	0,26	3,33	0,004
268	11,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
269	22,05	-	-	-	-	-	-	1,12	-	-	-	-	-	-	11,67	-	20,25	0,07
270	22,15	9,05	2,10	49,34	27,41	2,52	10,90	1,03	1,70	15,71	0,56	28,33	81,84	4,76	5,81	0,45	19,20	0,04
274	47,84	7,97	2,88	42,60	23,67	1,82	12,98	0,93	2,01	10,37	1,13	40,04	145,26	7,89	6,33	0,20	11,60	0,02
275	47,89	7,37	1,51	48,34	26,86	1,18	22,89	0,69	1,26	7,58	0,79	25,85	100,74	5,83	6,53	0,12	6,44	0,01
314	46,46	8,47	0,39	26,02	14,46	0,78	21,04	0,52	1,02	2,68	1,51	32,83	112,71	33,92	31,42	0,22	18,33	0,04
315	27,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,24	100,96	9,37	14,67	0,42	18,53	0,09
321	41,40	7,81	1,28	51,41	28,56	2,12	13,45	2,52	1,01	12,53	1,62	279,96	744,27	93,26	111,45	1,45	159,83	0,94
327	45,04	6,81	0,27	37,74	20,97	0,50	41,93	0,80	1,11	2,90	0,52	25,93	150,59	8,69	10,07	0,21	12,53	0,04
370	31,82	8,78	0,53	47,82	26,56	1,64	16,18	0,62	1,84	2,30	0,71	-	-	-	-	-	-	-
385	40,40	8,75	0,41	62,42	34,68	2,06	16,95	0,59	1,98	2,06	0,55	25,20	42,47	7,21	10,05	0,08	3,75	0,02
386	19,50	-	-	-	-	-	-	1,33	-	-	-	-	-	-	13,03	0,00	19,79	0,07
439	22,8	9,3	1,7	52,5	29,2	2,65	11,00	1,19	2,71	16,47	0,77	35,70	108,47	7,94	15,91	0,39	19,88	0,057
440	8,2	8,6	3,7	51,8	28,8	2,59	11,14	1,19	2,83	15,58	0,74	36,27	112,33	5,73	6,67	0,41	25,12	0,051
449	46	7,41	2,77	37,07	20,60	2,04	10,10	1,12						11,48	12,76	0,20		0,0384

Amostra N°	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
2014																		
1	23,94	9,23	1,63	46,46	25,81	-	-	0,95	2,27	17,61	0,54	28,01	89,14	6,00	5,35	-	15,21	0,0458
2	14,27	9,91	4,95	44,43	24,68	2,12	11,67	6,21	4,87	24,00	1,33	52,48	528,71	8,01	3,33	0,27	3,33	0,0026
14	58,91	7,84	1,11	39,18	21,77	-	-	2,05	0,94	6,83	0,90	158,82	497,16	30,10	48,16	0,86	29,35	0,3292
15	58,16	7,23	1,10	38,20	21,22	-	-	2,11	0,98	7,33	0,93	148,34	491,35	30,59	50,11	0,80	31,11	0,3036
22	24,70	8,79	2,32	52,01	28,89	2,99	9,7	0,93	1,91	9,91	0,51	43,6	102,6	8,28	19,57	0,28	17,87	0,1380
23	16,75	8,05	5,43	54,37	30,21	2,76	10,9	0,98	1,96	11,81	0,50	29,2	89,5	6,23	12,16	0,34	14,13	0,0775
31	13,65	9,16	5,04	55,88	31,04	3,04	10,22	3,46	3,52	18,68	0,83	35,97	235,76	3,95	3,33	0,10	3,33	0,0018
32	1,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	73,71	6,29	0,14	83,70	46,50	2,25	20,6	1,02	0,11	1,66	0,59	42,27	205,46	9,49	3,33	-	5,29	0,9021
66	32,98	8,05	1,19	34,53	19,18	1,27	15,07	0,50	1,34	2,69	1,39	30,48	98,21	27,49	24,35	0,25	42,51	-
83	56,64	6,81	0,43	92,80	51,56	5,13	10,06	0,47	1,13	1,18	0,42	34,65	58,31	3,77	3,33	-	3,58	-
84	21,43	6,43	0,62	96,86	53,81	-	-	0,32	0,90	0,23	0,23	21,13	16,70	3,33	3,33	-	3,33	-
85	14,45	7,24	0,19	90,48	50,27	-	-	0,19	0,36	1,39	0,15	16,70	19,56	3,33	3,33	-	3,33	-
86	37,62	8,84	0,56	91,98	51,10	-	-	0,52	1,65	1,05	0,23	16,70	48,20	3,33	3,33	-	3,33	-
88	14,19	8,74	5,30	49,56	27,53	2,66	10,35	1,00	2,36	12,48	0,55	34,01	91,08	5,97	13,97	-	24,04	0,05
91	27,97	-	-	22,79	12,66	1,12	11,34	0,57	0,97	2,15	1,25	40,39	120,23	-	-	-	-	-
92	39,56	-	-	88,43	49,13	1,09	45,26	0,07	<0,10	2,25	<0,14	<16,7	<16,7	-	-	-	-	-
93	13,25	-	-	23,62	13,12	1,20	10,92	0,58	0,79	2,10	1,11	44,17	124,35	-	-	-	-	-
94	26,35	-	-	87,09	48,39	1,00	48,63	0,08	<0,10	2,50	<0,14	<16,7	<16,7	-	-	-	-	-
95	31,85	-	-	23,64	13,14	1,12	11,70	0,62	0,91	2,49	1,39	45,35	128,44	-	-	-	-	-
96	30,29	-	-	21,00	11,67	0,98	11,88	0,63	0,78	2,27	1,55	45,00	137,83	-	-	-	-	-
97	2,95	-	-	2,80	1,55	<LQ	n.d.	0,08	0,30	<0,23	0,34	<16,7	58,31	-	-	-	-	-
98	2,54	-	-	3,64	2,02	<LQ	n.d.	0,16	0,77	0,88	0,36	<16,7	61,62	-	-	-	-	-

Amostra N°	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
2015																		
4	13,8	-	2,51	-	-	-	-	0,38	1,81	4,87	0,92	-	-	-	-	-	-	-
5	36,5	-	2,86	-	-	-	-	0,55	3,84	5,73	1,52	-	-	-	-	-	-	-
11	36,8	-	-	97,49	-	-	-	0,38	0,32	0,23	0,14	16,70	16,70	3,33	3,33	-	3,33	-
12	32,4	6,25	0,32	97,01	-	-	-	0,38	0,47	0,29	0,16	16,70	22,94	3,33	3,33	-	3,33	-
13	37,0	7,54	3,23	34,33	19,1	1,70	11,20	0,64	1,62	8,01	0,79	41,16	131,64	9,03	8,88	0,23	21,29	0,055
36	42,1	8,35	0,65	30,21	16,8	1,23	13,64	0,49	1,17	2,13	1,30	32,98	98,96	29,40	25,51	0,15	18,22	0,05
77	32,2	7,63	2,55	28,81	16,0	1,56	10,24	0,65	1,61	8,08	0,88	42,65	106,61	10,24	13,18	0,09	13,88	0,05
83	-	7,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO II – DADOS LQARS CRSU

Nº	H (%)	pH	CE (mS)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
2010																		
40	21,5	8,96	3,13	45,6	-	2,74	-	1,08	1,96	12,1	0,53	31,8	86	10,3	16,1	0,27	18,4	0,06
41	37,7	8,27	0,14	13,7	-	0,7	-	0,17	0,25	2,81	0,24	23	53	11,4	13,1	0,17	36,8	0,08
54	23,9	8,95	2,91	53,4	-	2,67	-	1,39	2,2	12,3	0,61	36,5	114	7,4	10,3	0,53	21,6	0,06
70	49,8	8,07	3,08	72,2	40,1	1,74	23	0,87	0,97	5,32	0,52	13	328	25	114	0,76	85	0,4
200	51,5	8,46	8,12	47	-	2,64	-	8,03	0,66	18	1,49	102	334	22,2	36,3	2,1	21,3	0,31
289	19,9	-	-	-	-	-	-	-	-	11,3	-	-	-	7,5	11,2	-	23,8	0,05
292	34,5	8,96	1,27	69,9	38,8	2,3	16,9	1,1	1,2	6,94	0,7	285	445	26	92,8	1,07	97,9	0,31
295	24	8,62	1,92	42,3		2,54		1,01	1,7	3,5	0,39	31,6	80	6,65	7,09	0,5	13,4	0,05
379	13,1	8,39	4,02	51,2		2,68		1,07	1,66	11,4	0,48	-	-	9,39	14,5	-	-	-
470	48,7	6,9	4,49	70,7	39,3	1,78	22	0,8	0,87	5,58	0,53	132	351	24,1	98	0,85	97,4	0,27
567	47,66	8,60	2,17	22,41	12,45	1,54	8,06	1,37	1,26	11,24	1,01	80,06	246,71	18,10	3,32	0,78	3,38	0,158
572	32,28	7,21	0,39	83,30	46,28	2,27	20,39	1,97	0,25	1,87	0,16	-	-	-	-	-	-	-
583	45,01	7,32	0,38	85,61	47,56	2,10	22,63	1,80	0,21	1,96	0,10	-	-	-	-	-	-	-
537	17,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
564	19,62	8,97	2,84	51,20	28,44	2,95	9,66	1,35	1,94	13,11	0,50	41,89	108,75	11,43	17,76	0,58	27,63	0,060
2011																		
2-A	22,54	-	-	-	-	2,68	-	-	-	11,23	-	-	-	5,67	5,53	-	37,98	0,03
2-B	22,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-B	18,91	9,08	2,92	47,48	26,38	3,20	8,24	-	2,20	13,36	0,54	42,21	115,03	7,82	4,62	0,68	21,04	0,05
19-A	19,38	-	-	43,97	24,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
246-A	25,03	9,06	1,82	57,83	32,13	2,89	11,12	-	1,92	8,50	0,51	39,84	113,02	13,72	19,12	0,73	22,20	0,06

N°	H (%)	pH	CE (mS)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
246-B	25,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,85	118,54	15,26	17,36	0,77	26,49	-
345	50,36	-	-	48,55	26,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
346	45,61	-	-	49,09	27,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
428	2,86	-	-	43,83	24,35	-	-	-	-	-	-	110,44	426,38	17,91	12,20	2,69	21,63	0,27
429	3,10	-	-	36,92	20,51	-	-	-	-	-	-	110,50	362,61	17,48	14,02	2,04	18,70	0,23
814	17,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,48	-	-
954-A	20,34	9,14	2,40	49,39	27,44	2,45	11,20	-	1,96	12,34	0,54	40,54	113,12	10,28	10,95	0,77	20,84	0,05
954-B	20,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1048	12,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1049-A	9,14	7,83	4,60	49,09	27,27	2,62	10,41	-	2,00	11,71	0,66	-	-	8,94	15,80	-	-	-
1049-B	9,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,30	111,35	-	-	0,56	22,98	0,06
1050	9,83	8,16	6,97	53,38	29,65	2,64	11,25	-	1,87	12,37	0,66	38,18	100,55	10,26	15,48	0,56	22,13	0,06
1051-A	14,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1051-B	14,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1052-A	13,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1052-B	13,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1067-A	18,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1067-A	18,46	8,81	2,46	52,35	29,08	2,86	10,19	-	2,03	10,87	0,52	39,26	101,79	10,25	8,56	0,87	20,54	0,07
1079-A	41,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109,31	362,90	16,03	15,31	2,01	18,36	0,28
1079-B	2,54	-	-	37,79	20,99	-	-	-	-	-	-	106,75	374,17	13,20	9,02	1,63	19,70	0,26
1080-A	36,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	107,62	379,86	18,20	19,25	1,93	17,62	0,25
1080-B	1,94	-	-	33,04	18,35	-	-	-	-	-	-	100,06	372,48	14,96	23,35	1,79	20,00	0,27
1102-A	44,90	8,67	1,70	66,47	36,93	1,98	18,66	0,88	0,90	4,74	0,57	194,74	701,37	35,66	45,19	1,84	173,95	0,30
1102-B	4,01	8,72	1,53	66,67	37,04	2,13	17,39	0,89	0,95	4,00	0,58	214,06	602,14	33,90	53,94	1,60	195,11	0,22

N°	H (%)	pH	CE (mS)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
1143-A	23,68	-	-	-	-	-			-	10,06	-	-	-	8,47	7,35	0,57	-	-
1143-B	23,84	-	-	50,06	27,81	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1158	43,27	-	-	40,95	22,75	-	-	-	-	-	-	98,45	381,18	11,65	10,96	2,00	16,45	0,29
1159	43,18	-	-	37,44	20,80	-	-	-	-	-	-	104,13	349,75	11,76	9,07	1,53	15,68	0,31
1163	35,14	8,80	1,72	66,95	37,20	2,19	16,95	1,01	1,03	4,29	0,63	218,00	645,23	32,66	71,27	1,73	157,63	0,23
1166	16,16	-	-	54,40	30,22	-			-	7,39	-	-	-	8,81	7,22	0,00	23,65	-
2012																		
99	21,95	8,79	2,98	44,82	24,90	2,52	9,90	1,88	2,33	9,93	1,31	555,97	1200,89	40,85	27,45	3,00	310,40	0,73
201	40,21	8,06	1,61	58,12	32,29	2,66	12,14	1,20	1,36	8,61	1,92	-	-	-	-	-	-	-
202	19,98	8,24	1,29	37,22	20,68	2,04	10,16	2,31	1,04	17,02	1,24	825,56	766,63	44,93	6,82	0,77	168,80	0,51
177	11,94	8,39	5,39	54,19	30,11	2,84	10,61	1,29	2,17	11,19	0,77	38,29	103,42	7,40	13,01	0,46	23,08	0,06
178	23,73	9,04	1,98	53,84	29,91	2,89	10,36	1,20	2,02	11,69	0,81	39,73	97,11	8,14	10,16	0,44	16,64	0,05
393	8,77	8,23	5,87	50,35	27,97	2,49	11,25	1,27	2,44	16,03	0,91	37,46	90,04	7,92	48,14	0,33	20,05	0,06
394	19,88	9,08	2,39	49,39	27,44	2,39	11,49	1,14	2,32	15,63	0,93	40,51	89,10	8,09	9,55	0,35	25,47	0,05
497	20,88	9,25	2,49	49,50	27,50	2,74	10,03	1,71	2,59	11,22	0,81	42,55	108,83	6,84	7,92	0,45	20,25	0,06
525	21,16	-	-	55,01	30,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,94	0,45	-	-
540	34,74	8,06	1,70	54,85	30,47	5,87	5,19	1,09	1,11	8,18	1,77	192,56	461,63	26,51	12,92	1,13	132,33	0,92
541	20,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,58	0,41	-	-
552	27,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,04	0,46	-	-
2013																		
5	46,60	8,48	1,08	44,99	25,00	2,33	10,73	8,30	0,87	19,65	1,91	72,65	224,64	10,13	26,42	0,00	10,58	0,00
7	29,95	8,13	1,97	45,56	25,31	3,80	6,66	1,98	1,16	10,27	1,75	83,32	327,37	42,30	66,47	2,11	200,08	0,60
268	11,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
269	22,05	-	-	-	-	-	-	1,12	-	-	-	-	-	-	11,67	-	20,25	0,07

N°	H (%)	pH	CE (mS)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
270	22,15	9,05	2,10	49,34	27,41	2,52	10,90	1,03	1,70	15,71	0,56	28,33	81,84	4,76	5,81	0,45	19,20	0,04
386	19,50	-	-	-	-	-	-	1,33	-	-	-	-	-	-	13,03	0,00	19,79	0,07
439	22,8	9,3	1,7	52,5	29,2	2,65	11,00	1,19	2,71	16,47	0,77	35,70	108,47	7,94	15,91	0,39	19,88	0,057
440	8,2	8,6	3,7	51,8	28,8	2,59	11,14	1,19	2,83	15,58	0,74	36,27	112,33	5,73	6,67	0,41	25,12	0,051
2015																		
15	23,3	8,86	2,58	54,79	30,4	1,99	15,32	0,82	1,02	5,67	1,01	144,90	399,81	28,77	70,69	0,43	74,18	0,30
34	36,8	8,23	3,87	60,00	33,3	1,84	18,11	0,79	1,25	4,09	0,80	116	231	18,5	67	0,42	59	0,25
39	40,4	8,20	2,38	37,76	21,0	1,76	11,89	1,48	1,01	8,57	2,19	146,98	301,42	39,74	38,41	0,64	129,64	0,99
44	17,2	8,98	2,39	59,02	32,8	1,96	16,73	0,78	1,09	4,64	0,92	115,17	232,19	29,68	62,26	0,40	44,59	0,47
45	47,2	7,53	2,87	37,99	21,1	1,73	12,17	1,33	1,06	7,52	2,28	177,42	419,97	57,95	131,20	2,84	128,06	0,94
76	19,3	9,12	4,01	58,89	32,7	1,89	17,31	0,81	1,04	4,47	0,90	114,36	253,31	17,83	38,72	0,44	48,34	0,53

ANEXO III – DADOS LQARS LAMAS

Nº	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
2010																		
2	76,5	8,61	1,66	59,7	33,2	5,07	6,5	3,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	7,39	6,66	0,33	66,9	37,2	0,7	53,1	2,35	0,7	0,63	0,52	92,4	82	11,3	13	0,11	1,29	Falta de amostra
19	73,1	6,58	-	57,5	31,9	3,67	8,7	4,84	-	-	-	829	2753	154	45,1	2,21	51,3	1,04
20	86,5	7,19	-	81,2	45,1	6,94	6,5	4,79	-	-	-	224	539	22,1	15,1	1,02	24,7	1,78
21	79	8,52	-	65,3	36,3	4,72	7,7	6,17	-	-	-	600	1440	36	13,4	2,05	51,8	1,19
46	82,1	7,92	1,35	62,6	34,8	5,09	6,8	3,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68	85,5	6,8	0,12	81	45,0	6,39	7,0	4,72	0,71	2,93	0,46	228	572	23,8	24,4	0,97	26,3	1,89
77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	245	576	24,8	15	1,05	29,2	0,29
78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	288	1014	49,6	56,2	1,42	55,3	0,68
82	82,9	8,46	3,41	80,2	44,6	1,18	37,8	4,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
83	75,7	8,33	1,16	60,2	33,4	1,24	27,0	3,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
101	91,8	7,64		83,5	46,4	1,7	27,3	4,45	1,15	0,41	0,14	11	63,4	7,33	10,1	0,23	0,24	0,004
133	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,7	62,6	9,93	13,3	0,22	10,4	0,08
160	81,7	8,06	2,6	70,2	39,0	5,89	6,6	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
163	50,1	9,08	-	38,9	21,6	3,21	6,7	0,94	1,04	29,9	0,43	220	22,9	3,37	3,25	0,14	0,9	0,05
170	76,94	-	-	-	-	4	-	1,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
298	78,3	8,47	1,41	58,6	32,6	5,51	5,9	5,26	0,27	7,88	0,06	771	2400	320	24,4	1,87	35,5	0,79
299	76,3	8,26	1,1	67,4	37,4	4,69	8,0	6,24	0,53	8,44	1,25	739	2200	27,5	0,004	1,58	31,3	0,49
300	87,8	7,47	0,26	80,9	44,9	7,07	6,4	4,68	0,56	2,27	0,58	269	695	24,1	1,31	0,97	22,6	1,48

Nº	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
301	78,5	8,61	1,28	71,7	39,8	6,32	6,3	4,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
383	77,4	8,55	1,23	66,7	37,1	5,59	6,6	3,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
477	68	-	0,28	-	-	2,86	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
546	61,68	8,00	0,00	86,75	48,20	1,98	24,36	0,34	0,46	4,29	0,38	24,85	21,13	8,70	9,65	0,11	4,85	0,008
560	76,93	8,05	1,17	72,05	40,03	5,15	7,77	3,46	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-
565	84,07	7,53	0,30	93,39	51,88	9,14	5,68	3,67	0,00	0,00	0,00	16,10	61,39	9,97	7,86	0,07	3,38	0,002
573	82,30	8,46	1,03	72,05	40,03	6,16	6,50	3,74	0,20	3,48	0,12	-	-	-	-	-	-	-
577	92,46	6,05	0,71	72,61	40,34	2,90	13,92	3,08	0,48	0,43	0,10	16,10	52,98	3,47	3,32	0,07	3,34	0,001
582	78,64	8,26	1,13	67,33	37,41	5,70	6,56	3,84	0,22	3,58	0,16	-	-	-	-	-	-	-
2011																		
274	85,37	7,60	-	89,01	49,45	8,80	5,62	6,02	-	-	-	16,70	36,15	10,24	15,48	0,20	3,33	0,002
347	86,77	6,27	1,02	83,39	46,33	0,07	-	1,59	0,21	0,11	0,05	4,02	20,87	2,76	3,33	0,20	3,33	0,003
546	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1103	41,14	8,62	6,39	5,17	2,87	0,80	3,59	0,38	0,10	5,36	0,30	38,35	22,62	16,43	68,05	38,88	46,17	0,004
1104	41,31	-	-	5,03	2,79	-	-	0,38	0,10	2,88	0,31	36,39	23,89	15,19	68,66	33,68	45,79	0,009
1121	67,58	8,36	0,27	60,25	33,47	0,80	41,84	0,57	0,10	10,81	0,22	16,70	16,70	5,33	9,86	0,20	3,33	0,091
1141	84,42	7,53	-	86,36	47,98	8,18	5,87	5,13	-	-	-	16,67	39,65	6,10	8,69	0,20	3,33	0,007
1142	89,10	7,25	0,64	80,86	44,92	0,80	56,15	3,50	0,67	0,23	0,14	16,67	56,06	3,33	3,87	0,20	3,33	0,004
2012																		
263	86,22	7,34	0,82	81,01	45,01	7,86	5,74	7,49	-	-	-	16,70	37,95	5,63	9,04	0,20	3,33	0,01
537	87,51	7,93	-	83,64	46,47	6,52	7,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013																		
282	82,55	8,21	-	84,53	46,96	8,53	5,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
401	84	7,26	-	82,50	45,83	8,43	5,44	7,74	2,56	2,09	0,92	16,67	44,44	7,74	20,28	0,05	3,33	0,0172

N°	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
2014																		
55	85,47	6,91	-	85,44	47,47	8,77	5,41	0,91	-	-	-	16,70	16,70	3,33	3,33	0,05	3,33	0,0085
67	78,06	8,66	1,97	68,45	38,03	6,73	5,65	3,74	0,29	6,19	0,61	552,25	1719,83	32,39	-	3,83	130,15	-
87	86,89	8,11	1,16	87,37	48,54	9,97	4,87	5,01	2,24	1,61	0,47	16,70	38,55	6,35	7,68	0,05	3,33	0,02
2015																		
1	69,0	8,2	1,1	61,1	-	3,9	-	3,0	0,24	2,19	0,56	263	618	64,8	8,2	2,2	50,8	0,93
28	86,6	7,65	-	91,17	-	5,64	-	3,02	0,98	1,08	0,31	16,70	30,32	6,47	12,55	0,05	3,33	0,01
37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	83,6	5,30	-	91,03	50,6	7,89	6,41	3,04	1,01	1,21	0,32	52,27	32,77	7,18	12,87	0,05	3,33	0,01

ANEXO IV – DADOS LQARS EFLUENTES PECUÁRIOS

Nº	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
2010																		
24	74,6	-	0,75	90,1	50,06	1,14	43,9	0,85	1,06	1,45	0,5	-	-	-	-	-	-	-
129	30,45	7,69	-	67,1	37,28	3,03	12,3	4,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
202	28,5	9,07	1,73	56,8	31,56	2,95	10,7	3,33	2,2	5,31	1,44	-	-	-	-	-	-	-
271	16,25	6,52	-	89,8	49,89	3,31	15,1	2,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
272	15	6,82	-	85,35	47,42	3,05	15,5	2,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
273	61,88	8,25	-	77,36	42,98	1,67	25,7	3,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
274	55,08	8,25	-	77,76	43,20	1,61	26,8	3,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
275	55,9	8,57	-	78,48	43,60	1,95	22,4	3,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
276	59,18	8,52	-	78,32	43,51	1,55	28,1	3,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
277	16,22	6,79	-	82,71	45,95	2,77	16,6	2,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
294	22,9	7,35	1,19	21,5	11,94	1,4	8,5	0,6	0,43	0,79	0,61	36,2	73	17,2	30,6	1,02	12,5	-
302	57,4	8,5	-	66	36,67	-	-	2,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
307	70,3	8,56	9,04	51,7	28,72	4,49	6,4	4,37	3,52	19,1	0,97	-	-	-	-	-	-	-
308	70,9	8,94	1,11	82,1	45,61	3,28	13,9	3,37	1,34	4,01	0,76	-	-	-	-	-	-	-
467	59,7	9,2	-	84	46,67	2,5	18,7	1,39	2,02	2,89	0,71	21,7	125	5,43	0,001	0,12	0,92	0,01
2011																		
17	94,77	7,42	-	63,00	35,00	2,68	13,07	18,97	43,98	22,85	16,78	551,49	3557,62	121,00	64,8	3,95	63	0,17
22	80,90	8,26	0,57	89,77	49,87	0,80	-	0,54	1,18	0,23	0,50	103,54	111,55	3,33	3,33	0,20	3,33	0,0017
98	58,33	9,37	0,76	44,62	24,79	2,39	10,37	0,97	1,63	4,88	0,14	-	-	-	-	-	-	-
148	52,18	7,30	-	82,08	45,60	0,80	-	2,20	0,37	6,54	0,14	42,25	253,84	-	-	-	-	-
415	98,91	7,94	-	33,56	18,64	0,07	-	6,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
416	31,69	8,36	-	81,66	45,37	4,51	10,05	3,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
417	30,29	8,76	-	83,76	46,53	2,22	20,99	1,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
418	36,30	8,52	-	81,22	45,12	4,54	9,95	3,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
419	37,82	8,34	-	79,86	44,37	4,04	10,97	3,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nº	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
420	34,72	8,70	-	82,39	45,77	2,66	17,28	1,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
421	34,63	8,49	-	80,94	44,97	3,98	11,31	3,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
422	37,38	8,69	-	83,18	46,21	2,11	21,91	1,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
701	16,54	7,03	-	84,12	46,73	2,10	22,25	3,70	-	-	-	117,49	708,07	-	-	-	-	-
702	93,63	6,95	-	73,23	40,68	0,07	-	3,99	-	-	-	228,45	1256,30	-	-	-	-	-
958	30,24	6,99	0,42	87,05	48,36	1,11	43,57	0,38	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1046	79,44	6,60	-	69,35	38,53	4,33	8,89	3,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1125	60,70	8,32	0,51	31,45	17,47	0,80	21,84	0,63	0,61	23,36	0,80	-	-	-	-	-	-	-
1127	98,94	8,49	-	22,59	12,55	0,07	-	7,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1128	26,30	8,89	-	80,73	44,85	3,67	12,24	2,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1129	63,97	8,76	-	75,55	41,97	3,38	12,44	3,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1130	31,09	8,87	-	80,81	44,90	3,28	13,72	2,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1131	52,81	8,74	-	81,95	45,53	4,13	11,03	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1132	59,68	8,55	-	77,19	42,88	2,73	15,70	3,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1133	66,85	8,43	-	76,59	42,55	4,63	9,19	4,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1134	30,23	8,85	-	82,39	45,77	2,98	15,37	2,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1137	90,83	6,91	56,40	52,38	29,10	12,15	26,18	0,29	11,80	0,31	0,07	-	-	-	-	-	-	-
2012																		
18	91,38	6,76	13,81	80,30	44,61	0,81	54,96	0,06	0,09	0,11	0,04	1,59	9,95	3,33	3,33	0,20	3,33	0,001
19	94,98	6,91	17,17	69,17	38,43	1,40	27,54	0,06	0,09	0,10	0,04	1,72	9,70	0,21	3,33	0,20	3,33	0,001
20	76,48	8,57	0,64	88,41	49,12	0,80	-	0,63	1,18	1,20	0,54	20,21	99,03	11,10	3,33	0,11	3,33	0,01
101	48,14	9,30	3,29	51,77	28,76	1,48	19,43	2,51	5,05	5,62	3,31	-	-	-	-	-	-	-
108 - R	70,29	7,85	0,60	89,10	49,50	1,74	40,26	2,38	1,13	3,42	0,81	74,32	343,19	-	-	-	-	-
143	74,52	8,37	2,04	43,46	24,14	0,80	30,18	0,93	1,62	2,10	0,78	87,96	108,24	5,46	3,33	0,09	3,33	0,00
175	36,69	-	-	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
203	29,69	8,76	-	81,47	45,26	4,51	10,04	2,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
204	30,19	8,97	-	78,18	43,43	3,52	12,33	2,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
205	62,76	8,41	-	80,64	44,80	4,20	10,66	3,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nº	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
206	59,53	8,70	-	81,23	45,13	2,99	15,10	2,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
207	53,67	9,06	-	80,54	44,74	2,92	15,33	2,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
208	65,87	8,90	-	81,48	45,27	3,21	14,39	2,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
209	25,71	9,00	-	83,59	46,44	3,92	11,84	2,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	98,98	7,93	-	27,34	15,19	6,86	2,21	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
262	95,27	6,21	29,33	47,58	26,43	4,60	5,74	0,07	0,27	0,04	0,02	-	-	-	-	-	-	-
413	74,32	8,34	0,89	88,38	49,10	2,07	23,68	2,60	1,42	3,99	0,88	66,48	298,23	-	-	-	-	-
503	42,03	8,56	-	74,28	41,26	11,58	3,56	2,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
504	40,41	8,68	-	74,57	41,43	4,79	8,65	2,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
505	36,76	8,80	-	80,57	44,76	4,35	10,29	2,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
506	48,70	8,64	-	77,49	43,05	2,78	15,50	3,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
507	27,72	9,01	-	79,71	44,29	4,87	9,10	2,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
508	31,88	8,92	-	80,30	44,61	5,34	8,35	2,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
509	98,60	8,56	-	26,99	14,99	1,94	7,73	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
510	43,67	8,17	-	76,18	42,32	5,15	8,21	2,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
511	97,86	8,01	24,38	20,06	11,15	3,47	3,21	0,01	0,29	0,01	0,01	0,13	1,29	0,20	0,20	0,04	0,20	0,001
513	90,70	7,88	8,05	47,65	26,47	2,81	9,43	0,39	0,05	0,42	0,20	29,51	144,56	0,51	0,20	0,04	0,21	0,009
514	99,62	8,14	7,43	32,12	17,85	7,49	2,38	0,00	0,05	0,01	0,00	0,11	0,39	0,20	0,20	0,04	0,20	0,000
2013																		
18	74,90	8,53	0,44	85,20	47,34	0,57	82,58	2,19	0,55	3,57	0,28	35,82	126,25	-	-	-	-	-
164	54,25	8,93	0,70	33,61	18,67	1,12	16,75	0,61	0,84	6,63	0,37	17,69	51,29	4,26	4,99	0,09	4,17	0,03
343	11,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,56	-	-	-	-
345	64,01	8,05	4,32	74,48	41,38	0,00	0,00	3,34	2,77	11,89	0,93	33,53	281,36	4,07	3,33	0,15	3,33	0,00
367	71,49	8,18	0,56	81,49	45,27	2,50	18,13	2,89	1,56	5,16	1,47	71,74	331,60	-	-	-	-	-
403	98,43	9,00	-	27,86	15,48	0,50	30,94	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
404	26,23	9,09	-	82,67	45,93	3,37	13,63	3,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
405	25,57	9,07	-	82,53	45,85	3,28	13,97	3,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
406	52,94	8,67	-	79,02	43,90	1,85	23,98	2,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nº	H (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	C (%)	N total (%)	C/N	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)
407	54,89	8,64	-	77,88	43,27	2,03	21,63	2,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
408	56,19	8,67	-	79,34	44,08	2,20	20,07	2,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
409	54,48	8,76	-	78,26	43,48	1,62	26,98	2,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
410	26,22	8,96	-	82,65	45,92	3,40	13,51	3,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014																		
9	-	6,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	74,03	7,38	1,39	49,07	27,26	-	-	-	0,28	0,73	0,48	171,08	523,71	18,71	126,07	0,94	34,55	0,0738
21	77,17	8,47	1,06	85,39	47,44	2,19	21,6	1,71	1,20	2,75	0,55	59,35	204,98	6,11	3,33	0,08	3,33	-
26	44,43	8,95	1,11	69,27	38,48	-	-	2,18	4,28	3,26	1,39	36,17	175,97	6,09	3,33	0,15	3,48	0,0472
27	62,45	5,93	0,60	56,90	31,61	-	-	1,37	0,28	2,42	0,91	67,94	346,33	6,38	3,33	0,09	3,33	0,0055
61	53,65	6,09	0,24	78,57	43,65	3,27	13,35	3,47	0,15	5,31	0,28	-	-	-	-	-	-	-
2015																		
8	69,3	8,02	0,70	91,08	-	-	-	0,72	0,49	1,30	0,55	-	128,45	5,64	3,33	-	3,33	0,01
27	36,9	6,39	0,23	37,21	-	-	-	0,38	0,12	0,78	0,14	-	16,70	9,90	21,79	0,05	10,55	-
51	29	9,1	5,7	48,5	-	2,2	12,1	3,30	3,77	15,70	1,09	63,60	422,43	-	-	-	-	-
65	41,1	8,90	1,56	25,44	14,1	1,46	9,68	1,82	1,10	2,98	0,91	40,71	177,70	16,90	3,33	0,09	3,74	0,01