



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SOLOS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E DAS ESPÉCIES HORTÍCOLAS EM HORTAS URBANAS DE LISBOA

**Identificação de medidas de mitigação visando a proteção
da saúde pública**

Relatório final



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SOLOS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E DAS ESPÉCIES HORTÍCOLAS EM HORTAS URBANAS DE LISBOA

**Identificação de medidas de mitigação visando a proteção
da saúde pública**

Relatório final

Junta de Freguesia de Alvalade, JFA/CML

Lisboa • fevereiro de 2016

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 54/2016 – **DHA/NRE**

Título

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SOLOS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E DAS ESPÉCIES HORTÍCOLAS EM HORTAS URBANAS DE LISBOA

Identificação de medidas de mitigação visando a proteção da saúde pública
Relatório final

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Maria José Henriques

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA, UNIVERSIDADE DE LISBOA

Maria do Rosário Cameira

Professora Associada, Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas

Miguel Mourato

Professor Auxiliar, Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas

Isabel Rodrigo

Professora Associada, Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas

Maria Luísa Louro Martins

Professora Auxiliar, Vice-Presidente do Conselho de Gestão, Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas

Hugo D. Costa

Aluno de Mestrado em Engenharia do Ambiente

João Miguel Pacheco

Aluno de Mestrado em Engenharia do Ambiente

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 54/2016

Proc. 0605/121/19639

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SOLOS, DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E DAS ESPÉCIES HORTÍCOLAS EM HORTAS URBANAS DE LISBOA. IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE MITIGAÇÃO VISANDO A PROTEÇÃO DA SAÚDE PÚBLICA

Relatório Final

Resumo

No âmbito do protocolo de colaboração entre a Junta de Freguesia de Alvalade (JFA) e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), assinado em abril de 2015, apresenta-se o relatório final da "Avaliação da qualidade dos solos, das águas subterrâneas e das espécies hortícolas em hortas urbanas de Lisboa. Identificação de medidas de mitigação visando a proteção da saúde pública".

O relatório foi estruturado nos seguintes capítulos: 1) Introdução; 2) Objetivos; 3) Metodologia de abordagem; 4) Caracterização global do contexto das hortas urbanas em Lisboa e das áreas de estudo; 5) Caracterização da qualidade dos solos em áreas hortícolas de Lisboa; 6) Caracterização da qualidade da água em áreas hortícolas de Lisboa; 7) Caracterização de metais pesados em espécies vegetais das áreas hortícolas de Lisboa; 8) Medidas de mitigação e recomendações visando a proteção da saúde pública e 9) Conclusões.

Neste relatório final apresenta-se a análise dos resultados obtidos para a qualidade dos solos, das águas subterrâneas e das espécies vegetais em seis hortas urbanas localizadas em Lisboa. Para essa análise foram tidos em consideração o contexto da localização das hortas e respetivas pressões da cidade, as práticas agronómicas utilizadas e a natureza intrínseca da qualidade dos solos.

Palavras-chave: Hortas urbanas / Qualidade / Solos / Águas subterrâneas / Espécies hortícolas / Metais pesados / Hidrocarbonetos / Lisboa

EVALUATION OF SOIL, GROUNDWATER AND VEGETABLES QUALITY IN LISBON URBAN ALLOTMENT GARDENS. IDENTIFICATION OF MITIGATION MEASURES AIMED AT PROTECTING PUBLIC HEALTH

Final Report

Abstract

Under the agreement cooperation between the Junta de Freguesia de Alvalade (JFA) and the National Laboratory for Civil Engineering (LNEC), signed in April 2015, this final report presents the "Evaluation of soil, groundwater and vegetables quality in Lisbon urban allotment gardens. Identification of mitigation measures aimed at protecting public health".

The report was structured in the following chapters: 1) Introduction; 2) Objectives; 3) Methodology; 4) Characterization of the global context of the Lisbon allotment gardens; 5) Characterization of soil quality in the Lisbon allotment gardens areas; 6) Characterization of water quality in the Lisbon allotment gardens areas; 7) Characterization of heavy metals in plants species produced in the Lisbon allotment gardens areas; 8) Preparation of set of mitigation measures and recommendations aimed at protecting public health; and 9) Conclusions.

This final report presents an analysis of the results for soil, groundwater and edible plants quality in six allotment gardens located in Lisbon. This analysis has taken into account the location of the allotment gardens in the context of the city pressures, as well as the agronomic practices and the inherent nature of soil quality.

Keywords: Urban allotment gardens / Quality / Soil / Groundwater / Vegetables / Heavy metals / Hydrocarbons / Lisbon

Índice

1	Introdução	1
2	Objetivos	2
3	Metodologia de abordagem	3
4	Caracterização global do contexto das hortas urbanas em Lisboa e das áreas de estudo	6
4.1	Áreas de estudo, geologia e solos	6
4.1.1	Áreas de estudo	6
4.1.2	Geologia e tipo de solos	7
4.1.3	Propriedades físicas e químicas dos solos	11
4.2	Pressões da cidade de Lisboa	18
4.2.1	Caracterização geral	18
4.2.2	Caracterização da qualidade da deposição atmosférica em áreas hortícolas de Lisboa	24
4.3	Práticas agronómicas	28
4.3.1	Inquéritos aos hortelãos	28
4.3.2	Práticas culturais, de rega e de fertilização	29
5	Caracterização da qualidade dos solos em áreas hortícolas de Lisboa	32
5.1	Objetivos	32
5.2	Metodologia adotada e parâmetros analisados	32
5.3	Valores de referência e critérios adotados	34
5.4	Resultados obtidos	36
5.4.1	Análise geral	36
5.4.2	Bário	39
5.4.3	Chumbo	40
5.4.4	Cobre	41
5.4.5	Crómio	42
5.4.6	Níquel	43
5.4.7	Vanádio	44
5.4.8	Zinco	45
5.4.9	Outros metais (estrôncio, ferro)	46
5.4.10	Hidrocarbonetos	48
6	Caracterização da qualidade da água em áreas hortícolas de Lisboa	51
6.1	Objetivos	51
6.2	Metodologia adotada e parâmetros analisados	51
6.3	Valores de referência e critérios adotados	51
6.4	Resultados obtidos	53
6.4.1	Metais	54
6.4.2	Hidrocarbonetos	54
7	Caracterização de metais pesados em espécies vegetais das áreas hortícolas de Lisboa	55
7.1	Objetivos	55
7.2	Metodologia adotada e parâmetros analisados	55
7.3	Resultados obtidos	56
7.3.1	Cádmio	56
7.3.2	Chumbo	58
7.3.3	Cobre	61

7.3.4	Crómio.....	63
7.3.5	Níquel.....	66
7.3.6	Zinco	68
8	Medidas de mitigação e recomendações visando a proteção da saúde pública	71
9	Conclusões.....	74
	Referências bibliográficas	77
	Anexos.....	81
	ANEXO I Tipo de solos nas áreas de estudo resultante da associação geologia/solo	83
	ANEXO II Resultados das análises de amostras da deposição seca.....	89
	ANEXO III Resultados das análises de amostras de solos, amostragem de base	93
	ANEXO IV Resultados das análises de amostras de solos (0-5 cm), amostragem complementar.....	97
	ANEXO V Resultados das análises de amostras de água na zona vadosa do solo	101
	ANEXO VI Proposta de Boas Práticas Agrícolas para os Parques Hortícolas de Lisboa	105

Índice de figuras

Figura 4.1 – Mapa da localização das áreas de estudo e pontos de amostragem.....	6
Figura 4.2 – Enquadramento geológico das áreas de estudo	8
Figura 4.3 – Tipos de solos nas áreas de estudo	10
Figura 4.4 – Colheita de amostras de solo.....	11
Figura 4.5 – Propriedades hidrodinâmicas do solo: a) curvas de retenção da água; b) curvas da condutividade hidráulica	13
Figura 4.6 – pH do solo	14
Figura 4.7 – Condutividade elétrica dos solos	14
Figura 4.8 – Teor de carbonatos	15
Figura 4.9 – Teor em catiões de troca	15
Figura 4.10 – Teor de matéria orgânica nos solos.....	16
Figura 4.11 – Macronutrientes no solo	17
Figura 4.12 – Concentração de micronutrientes no solo	17
Figura 4.13 – Mapa da ocupação do solo com identificação das principais pressões	18
Figura 4.14 – Principais direções do vento em Lisboa	19
Figura 4.15 – Mapa da ocupação do solo nas áreas de estudo do LNEC e do CHPL.....	19
Figura 4.16 – Mapa da ocupação do solo nas áreas de estudo da Granja	20
Figura 4.17 – Mapa da ocupação do solo na área de estudo do PHVC.....	21
Figura 4.18 – Concentração em metais nas águas de deposição atmosférica (escala maior)	26
Figura 4.19 – Concentração em metais pesados nas águas de deposição atmosférica (escala menor)	26
Figura 4.20 – Concentração em hidrocarbonetos nas águas de deposição atmosférica	27
Figura 4.21 – Metais pesados medidos no composto comercial com base em estrume de cavalo	31
Figura 5.1 – Concentração em metais pesados nos solos das seis hortas urbanas estudadas, amostragem de base	36
Figura 5.2 – Concentração em metais nos solos das seis hortas urbanas estudadas, amostragem de base	37
Figura 5.3 – Concentração em metais pesados nos solos (0-5 cm) das seis hortas urbanas estudadas, amostragem complementar	38
Figura 5.4 – Mapa da concentração de bário nos solos (mg/kg)	39
Figura 5.5 – Mapa da concentração de chumbo nos solos (mg/kg)	40
Figura 5.6 – Mapa da concentração de cobre nos solos (mg/kg)	42
Figura 5.7 – Mapa da concentração de crómio nos solos (mg/kg)	43
Figura 5.8 – Mapa da concentração de níquel nos solos (mg/kg)	44
Figura 5.9 – Mapa da concentração de vanádio nos solos (mg/kg)	45
Figura 5.10 – Mapa da concentração de zinco nos solos (mg/kg)	46
Figura 5.11 – Mapa da concentração de estrôncio nos solos (mg/kg)	47
Figura 5.12 – Mapa da concentração de ferro nos solos (g/kg).....	48
Figura 5.13 – Mapa da concentração de hidrocarbonetos nos solos (mg/kg)	49
Figura 5.14 – Mapa da concentração de hidrocarbonetos nos solos (mg/kg), por local de amostragem	49
Figura 6.1 – Concentração em metais nas águas da zona vadosa do solo	54
Figura 7.1 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Cd ($\mu\text{g/kg}$ PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015	58
Figura 7.2 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Pb (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015	61

Figura 7.3 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Cu (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015	63
Figura 7.4 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Cr (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015	65
Figura 7.5 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Ni (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015	67
Figura 7.6 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Zn (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015	70

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Associação geologia / solos nas hortas de Lisboa selecionadas	9
Quadro 4.2 – Concentração média em metais pesados e metalóides em função do tipo de rocha-mãe	10
Quadro 4.3 – Composição granulométrica dos solos (%) e classe textural	12
Quadro 4.4 – Algumas propriedades hidrodinâmicas dos solos das diferentes hortas	13
Quadro 4.5 – Principais contaminantes presentes no ambiente rodoviário e suas origens (LEITÃO, 2010)	22
Quadro 4.6 – Parâmetros físico-químicos gerais das amostras de deposição atmosférica recolhidas nas hortas de Lisboa	25
Quadro 4.7 – Propriedades físico-químicas da água de rega.....	30
Quadro 4.8 – Macronutrientes contidos no composto comercial baseado em estrume de cavalo.....	30
Quadro 5.1 – Lista de parâmetros analisados, por cada local, nos dois processos de amostragem	33
Quadro 5.2 – Valores limite de concentração de metais pesados em solos em função do seu pH (Decreto-Lei n.º 103/2015)	34
Quadro 5.3 – Valores de referência em solos para os parâmetros analisados neste estudo e que apresentaram valores acima do limite de quantificação (mg/kg)	35
Quadro 6.1 – Valores de referência em águas, para os parâmetros analisados neste estudo	52
Quadro 6.2 – Parâmetros físico-químicos gerais das amostras de águas intersticiais recolhidas nas hortas de Lisboa	53
Quadro 7.1 – Espécies hortícolas recolhidas nas hortas de Lisboa	55
Quadro 7.2 – Teores de Cd nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015.....	57
Quadro 7.3 – Teores de Cd nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015.....	57
Quadro 7.4 – Teores de Pb nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015.....	59
Quadro 7.5 – Teores de Pb nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015.....	60
Quadro 7.6 – Teores de Cu nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015.....	62
Quadro 7.7 – Teores de Cu nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015.....	62
Quadro 7.8 – Teores de Cr nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015.....	64
Quadro 7.9 – Teores de Cr nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015.....	65
Quadro 7.10 – Teores de Ni nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015.....	66
Quadro 7.11 – Teores de Ni nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015.....	67
Quadro 7.12 – Teores de Zn nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015.....	68
Quadro 7.13 – Teores de Zn nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015.....	69

Agradecimentos

Os autores deste relatório agradecem à Dr.^a Béatrice Bechet, do *Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de L'aménagement et des Réseaux* (IFFSTAR), França, pelo acolhimento do Eng. Hugo Costa através da *Short Term Scientific Mission* (STSM) realizada no âmbito da Ação COST 1201, entre 22 de junho e 13 de julho de 2015, e por todo o apoio e disponibilidade para a realização e a interpretação das análises químicas das amostras de solo da amostragem complementar. Agradece-se, igualmente, ao gabinete das Ações COST a concessão desta STSM, realizada no âmbito do COST 1201 Urban Allotments Gardens, onde o LNEC e o IFFSTAR participam.

Agradece-se à Doutora Conceição Gonçalves, do Laboratório de Solos do INIAV, a sua generosa contribuição na realização dos ensaios físicos de determinação da condutividade hidráulica saturada do solo, da curva de retenção da água no solo e da sua densidade aparente.

A recolha de amostras de solo, de águas e de vegetais nas hortas urbanas de Lisboa não teria sido possível sem a colaboração do Arq.^o Duarte Mata, do Gabinete do Vereador de Estrutura Verde e Energia, e da Eng.^a Fernanda Castiço e do Eng.^o Fernando Calca, do Departamento Ambiente e Espaços Verdes da Câmara Municipal de Lisboa, que deram todo o apoio logístico necessário para as campanhas, e a quem se agradece.

Para a Arq.^a Maria Manuel Ferreira, Centro Hospitalar Psiquiátrico de Lisboa, agradece-se a disponibilidade e todo o apoio dado para se realizarem as colheitas nas hortas do referido local.

Por fim, agradece-se aos hortelãos (o Sr. Jorge Pinto, o Sr. Pé Curto, o Sr. Armando Máximo, o Sr. Manuel Lage, o Sr. João, a Sr.^a Júlia, o Sr. Manuel Fidalgo, a Sr.^a Alexandra Cavaco e o Sr. Fernando Salgueiro) que consentiram a recolha de amostras de solos, de águas e de vegetais nas suas hortas.

Lista de acrónimos

CHPL – Centro Hospitalar Psiquiátrico de Lisboa

CML – Câmara Municipal de Lisboa

CRIL – Circular Regional Interior de Lisboa

CTC – Capacidade de Troca Catiónica

JFA – Junta de Freguesia da Alvalade

PAH – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

ISA – Instituto Superior de Agronomia

ULisboa - Universidade de Lisboa

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MO – Matéria Orgânica

PAH – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

PHG – Parque Hortícola da Granja

PHVC – Parque Hortícola do Vale de Chelas

QG – Quinta da Granja

VMA – Valor Máximo Admissível

VMR – Valor Máximo Recomendado

1 | Introdução

A segurança alimentar das espécies hortícolas produzidas em ambiente urbano tem vindo a ser questionada devido à sua proximidade a um conjunto de pressões da cidade incluindo vias de circulação automóvel, corredores de aviões, postos de abastecimento de combustíveis e áreas industriais, bem como à potencial utilização de solos urbanos/industriais contaminados por atividades passadas, entre diversos outros fatores ligados à poluição atmosférica e à sua deposição nos solos das cidades.

Por outro lado, as práticas agronómicas e de gestão do espaço hortícola podem conduzir a potenciais entradas de materiais artificiais nocivos, tais como produtos químicos de fertilizantes e de pesticidas utilizados na agricultura, bem como objetos domésticos (p.e. para as vedações, incluindo materiais com tintas ou asbestos). Estes produtos são uma fonte adicional de contaminação dos solos, da água e dos alimentos, sendo potencialmente nocivos para o ser humano e outras espécies (TOLEDO MACHADO *et al.*, 2004 *in* TEDESCO, 2013).

A natureza da contaminação, as suas características e intensidade dependerão da localização da horta na cidade, da duração da atividade jardinagem e das práticas culturais, e da gestão do espaço.

A juntar ao potencial de variabilidade da qualidade dos solos resultante de atividades antropogénicas, materializadas pelo uso e ocupação dos solos da cidade e respetivas emissões, as características de qualidade de base dos solos (ou fundo geoquímico) podem ser muito variáveis em função do tipo de rocha-mãe que lhes deu origem.

No presente estudo efetua-se uma avaliação ambiental da qualidade da deposição atmosférica, dos estrumes, dos solos, das águas intersticiais (zona vadosa) e das espécies vegetais no contexto de um conjunto de seis hortas urbanas em Lisboa, na perspetiva de analisar a sua sustentabilidade ambiental e eventuais riscos para a saúde pública.

2 | Objetivos

O presente estudo tem por objetivo analisar a qualidade dos solos, das águas subterrâneas e de rega e das espécies vegetais em hortas urbanas e determinar o seu eventual grau de contaminação, correlacionando-o com as potenciais pressões identificadas no ambiente urbano envolvente (incluindo a pressão das atividades da cidade nas hortas e a pressão decorrente das próprias práticas agrícolas e/ou acumulação de resíduos nos locais).

Os resultados a obter serviram de base para delinear um conjunto de medidas de mitigação e de recomendações visando a proteção da saúde pública em relação aos vegetais produzidos nas hortas urbanas da cidade de Lisboa, com maior incidência na Freguesia de Alvalade.

3 | Metodologia de abordagem

A metodologia de abordagem para o desenvolvimento deste estudo inclui as temáticas seguidamente abordadas nas alíneas a) a f).

Durante o desenvolvimento deste trabalho houve, ainda, a oportunidade de juntar sinergias com outros processos em curso no LNEC (cf. COST Urban Allotment Gardens <http://www.urbanallotments.eu/>¹) e complementar a informação prevista no Protocolo de Colaboração entre a Junta de Freguesia de Alvalade e o LNEC na vertente da qualidade dos solos. Efetivamente foi possível realizar uma análise complementar mais detalhada dos solos de cada horta através da recolha e análise individual de três solos por local (perfazendo 18 amostras para os seis locais, a juntar às 24 amostras previstas), além de ter sido analisado um conjunto de metais pesados bastante mais completo do que os inicialmente previstos, referidos a negrito (alumínio **Al**, arsénio **As**, bário **Ba**, berílio **Be**, bismuto **Bi**, cálcio **Ca**, cádmio **Cd**, cobalto **Co**, crómio **Cr**, cobre **Cu**, ferro **Fe**, mercúrio **Hg**, potássio **K**, lítio **Li**, magnésio **Mg**, manganês **Mn**, molibdénio **Mo**, níquel **Ni**, fósforo **P**, chumbo **Pb**, antimónio **Sb**, selénio **Se**, sílica **Si**, estrôncio **Sr**, titânio **Ti**, vanádio **V** e zinco **Zn**).

a) Caracterização global do contexto das hortas urbanas em Lisboa e das áreas de estudo

Com base em informação disponibilizada pela CML foi efetuado um levantamento das principais pressões na cidade de Lisboa, em particular daquelas que poderiam ser as mais prováveis fontes de contaminação por metais pesados e por Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAH).

Para um conjunto mais restrito de seis casos representativos (incluindo hortas próximas de pressões conhecidas, hortas reguladas pela CML e hortas espontâneas, bem como hortas com diferentes práticas agrícolas) foi efetuada a:

- seleção das parcelas de amostragem, dentro de seis locais selecionados: LNEC; Centro Hospitalar Psiquiátrico de Lisboa (CHPL); Quinta da Granja (QG, ou apenas Granja); Parque Hortícola da Granja (PHG, ou Granja Nova); Parque Hortícola do Vale de Chelas (PHVC, ou Chelas); e CRIL, sendo esta última uma horta espontânea;
- caracterização do solo do ponto de vista das suas propriedades físicas e químicas;
- determinação das concentrações em metais e metalóides (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ta, V e Zn) e em PAH (Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno,

¹ Trabalho desenvolvido através de uma *Short Term Scientific Mission* do Eng. Hugo Costa ao Laboratory of Water and Environment do IFSTTAR, Nantes (FR), sob a supervisão da Dr. Béatrice Bechet (http://www.urbanallotments.eu/fileadmin/uag/media/STSM/ShortReport_Final.pdf); o Eng. Hugo Costa encontra-se a desenvolver a sua dissertação de mestrado no ISA, orientado pela Doutora Teresa E. Leitão e coorientado pela Prof.^a Maria do Rosário Cameira).

Indeno(1.2.3.cd)pireno, Naftaleno, Pireno, Soma 16 PAH) na deposição húmida (amostradores para recolha de água de precipitação colocados nas hortas);

- caracterização das práticas agronómicas;
- determinação da concentração em metais pesados nos estrumes aplicados às culturas (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn);
- recolha e análise das concentrações em nitratos e metais pesados (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn) (nos casos em que a rega não é feita com água da EPAL).

b) Caracterização da qualidade dos solos em áreas hortícolas de Lisboa

Foi efetuada uma avaliação das concentrações em metais pesados e metaloides e feita a recolha para a análise dos PAH nos solos de seis hortas urbanas, três regulamentadas pela Câmara Municipal de Lisboa, duas pertencentes a instituições e uma horta espontânea. Nesses locais foi feita:

- análise de base, com a determinação das concentrações em metais pesados e metaloides (Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, Ta, Ti, V e Zn) e em PAH (mesmos analisados para a deposição atmosférica) nos solos de todos os locais, a duas profundidades (0-5 cm e 20-30 cm), e em dois períodos distintos (janeiro e junho);
- análise complementar, com a determinação das concentrações dos seguintes elementos nos solos, três amostras por horta (0-5 cm), além dos também efetuados para a amostragem de base: Al, Bi, Ca, K, Mg, Mn, P, Se, Si;
- análise das eventuais diferenças encontradas entre as duas épocas e profundidades dos solos;
- análise da correlação entre o grau de contaminação e a localização da horta / práticas agrícolas.

c) Caracterização da qualidade da água em áreas hortícolas de Lisboa

Nos mesmos locais foi feita a:

- instalação de cápsulas para recolha de águas intersticiais a duas profundidades (30 e 60 cm) em duas hortas (LNEC e PHG);
- análise das concentrações nas águas intersticiais, recolhidas a duas profundidades em dois períodos diferentes, para os mesmos elementos (metais e PAH) referidos em **a)** para as águas de deposição;
- análise da correlação entre o grau de contaminação das águas e a localização da horta / práticas agrícolas.

d) Caracterização da qualidade das espécies vegetais em áreas hortícolas de Lisboa

Nos mesmos locais foi feita a:

- determinação das concentrações em metais pesados (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn) no material vegetal recolhido nas seis hortas urbanas referidas;
- avaliação da relação espécie vegetal e a concentração de metais pesados;

- análise da correlação entre o grau de contaminação das espécies vegetais e a localização da horta / práticas agrícolas;
- identificação das espécies vegetais mais sensíveis à poluição, visando a seleção das mais adequadas para áreas sujeitas a maiores pressões.

e) Avaliação dos impactos das práticas de rega e fertilização nas hortas urbanas de Lisboa. Elaboração de um guia.

O guia é apresentado no Anexo VI e inclui Boas Práticas Agrícolas relativamente a três aspetos principais:

- as práticas culturais;
- as práticas de fertilização;
- as práticas de rega.

f) Elaboração de conjunto de medidas de mitigação e de recomendações visando a proteção da saúde pública em relação aos vegetais produzidos nas hortas urbanas da cidade de Lisboa, com especial incidência na Freguesia de Alvalade.

Foi delineado um conjunto de medidas de mitigação e de recomendações para as hortas urbanas da cidade de Lisboa, visando a proteção da saúde pública em relação aos vegetais produzidos nestas hortas.

4 | Caracterização global do contexto das hortas urbanas em Lisboa e das áreas de estudo

4.1 Áreas de estudo, geologia e solos

4.1.1 Áreas de estudo

As parcelas estudadas foram selecionadas dentro dos seis locais predefinidos, nomeadamente: LNEC; Centro Hospitalar Psiquiátrico de Lisboa (CHPL); Quinta da Granja (QG, ou apenas Granja); Parque Hortícola da Granja (PHG, ou Granja Nova); Parque Hortícola do Vale de Chelas (PHVC, ou Chelas) e CRIL.

A Figura 4.1 apresenta um mapa com a localização das áreas de estudo em Lisboa, bem como os locais de recolha de amostras de águas da deposição atmosférica, de solos e de águas intersticiais. Foi delimitada uma área com 1 km de raio em torno de cada ponto de amostragem, onde foi feito um levantamento detalhado da ocupação do solo.

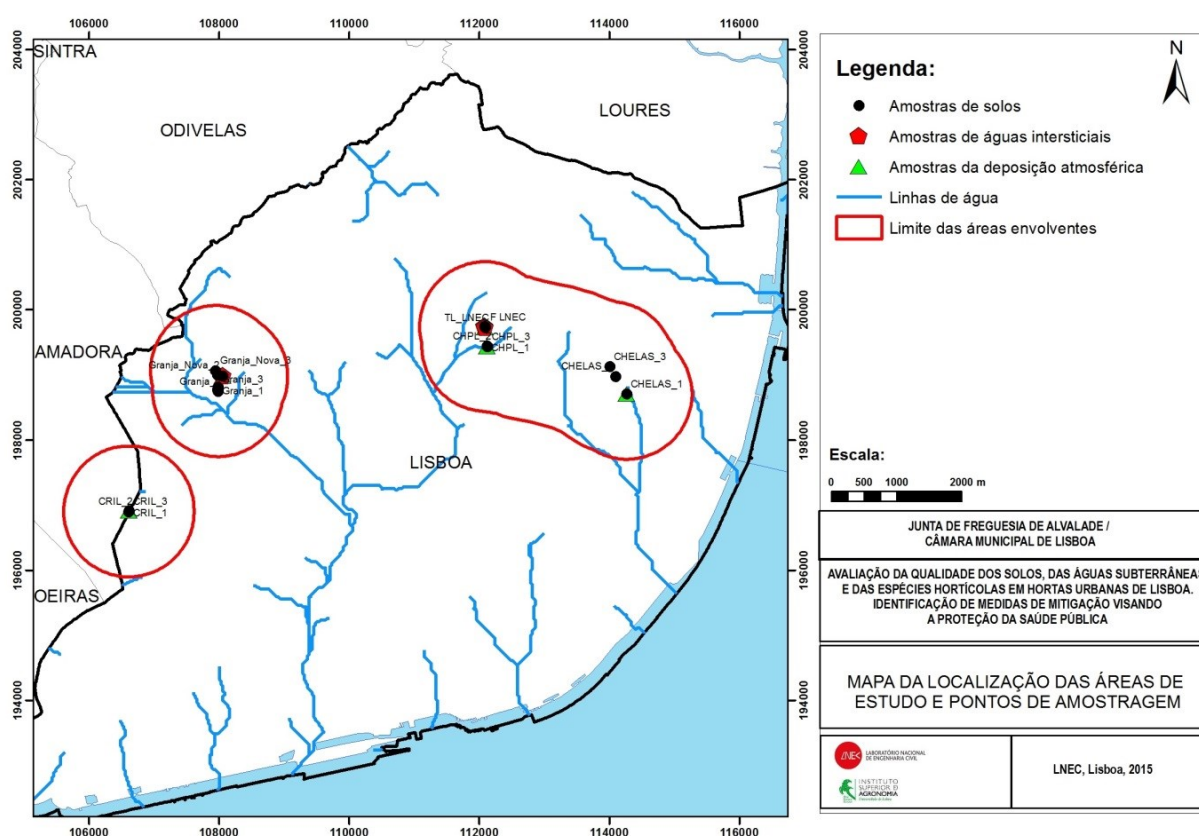


Figura 4.1 – Mapa da localização das áreas de estudo e pontos de amostragem

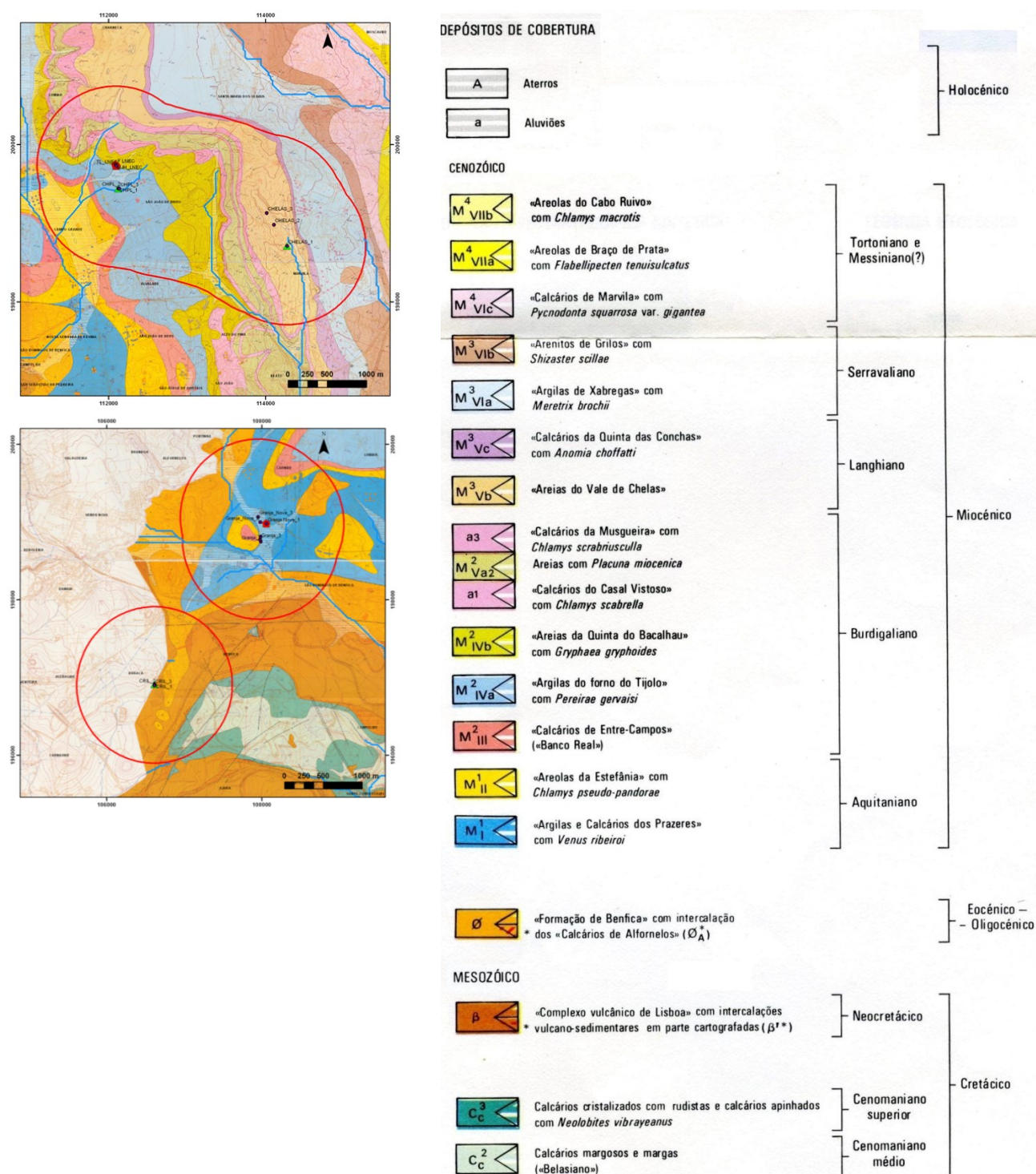
4.1.2 Geologia e tipo de solos

O principal objetivo da análise da geologia foi caracterizar a “rocha-mãe” que deu origem aos diferentes tipos de solos das diversas hortas urbanas analisadas e, assim, avaliar as concentrações iniciais (concentrações de fundo geoquímico) dos elementos químicos analisados. Estas concentrações foram tidas em consideração na interpretação da potencial contaminação de cada horta analisada.

As formações geológicas das áreas onde se localizam as hortas de PHVC, do LNEC e do CHPL, incluem as formações da série miocénica de Lisboa-Almada, pertencentes ao Aquitaniano e ao Burdigaliano, e depósitos de cobertura de natureza aluvionar associados aos vales das linhas de água, e que recobrem as formações aflorantes (cf. Figura 4.2). As formações de idade miocénica correspondem a um conjunto de sequências deposicionais que alternam entre unidades marinhas, salobras e continentais (PAIS *et al.*, 2006). No caso da horta do PHVC, o solo foi importado, pelo que a caracterização apresentada nas figuras não é relevante para a análise da contaminação.

As formações geológicas das áreas onde se localizam as hortas da QG e PHG englobam rochas de natureza vulcânica do Complexo Vulcânico de Lisboa (a sul) e rochas sedimentares da formação de Benfica (do Oligocénico), miocénicas bem como depósitos de cobertura de natureza aluvionar. Estes últimos adquirem maior extensão na área no PHG associados ao vale da ribeira de Benfica.

As formações geológicas das áreas onde se localizam as hortas da CRIL englobam o Complexo Vulcânico de Lisboa, a formação de Benfica e os seguintes afloramentos cretácicos: calcários do Turoniano-Cenomaniano Superior e do Belasiano-Cenomaniano médio.



Extraído da Carta Geológica do Concelho de Lisboa, à escala 1:10 000 (Moitinho de Almeida, 1986)

Figura 4.2 – Enquadramento geológico das áreas de estudo

No Quadro 4.1 apresenta-se a associação geologia / solos nos locais de recolha das amostras de solos, de águas intersticiais e de deposição húmida (deposição atmosférica).

Quadro 4.1 – Associação geologia / solos nas hortas de Lisboa selecionadas

Identificação da amostra	Designação – Carta geológica 1:10 000	Geologia	Código do solo (SROA)	Descrição SROA (1971, 1973); Classificação
*PHVC_1 PHVC_2 PHVC_3	M ³ Vb+a	Areias do Vale de Chelas, Aluvião	Ac	Aluviosolos Modernos Textura Mediana
LNEC MJH LNEC FL LNEC TL	M ² IVa+a	Argilas do Forno do Tijolo, Aluvião	Pca	Solos calcários, pardos de climas sub-húmidos e semiáridos, para-barros de formações argiláceas associadas a depósitos calcários
			Ac	Aluviosolos modernos de textura mediana
CHPL_1 CHPL_2 CHPL_3	M ² IVa	Argilas do Forno do Tijolo	Pca	Solos calcários, pardos de climas sub-húmidos e semiáridos, para-barros de formações argiláceas associadas a depósitos calcários
QG_1 QG_2 QG_3	M ¹ II	Areolas da Estefânia	Pcs	Solos calcários, pardos de climas sub-húmidos e semiáridos de margas ou materiais afins
PHG_1 PHG_2 PHG_3	M ¹ I+a	Argilas e Calcários dos Prazeres, Aluvião	Pcs	Argilas e margas, argilitos, níveis carbonosos com vegetais e gesso, no topo, níveis arenosos finos a médios micáceos, argilitos arenosos
			Ac	Aluviosolos modernos de textura mediana
CRIL_1 CRIL_2 CRIL_3	β	Complexo Vulcânico de Lisboa - CVL	Cb	Barros castanho-avermelhados, não calcários, de basaltos ou doleritos ou outras rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas (associados aos Basaltos do Complexo Vulcânico de Lisboa)

Nota: no caso dos solos do PHVC, a Câmara Municipal de Lisboa informou que, por ter havido necessidade de proceder a modulação do terreno, com o intuito de vencer quotas, e por se ter retirado solo existente em algumas zonas das hortas que eram regadas com água de esgotos, importaram-se terras. Estas terras vieram maioritariamente das escavações efetuadas junto do Palácio da Justiça (Rua Marquês da Fronteira). Superficialmente aplicou-se uma mistura de material constituída por terra importada, solo esse que foi recolhido em alguns locais das hortas ali existentes e terra vegetal.

A caracterização do tipo de solo foi feita, numa primeira fase, com base no mapa de solos. Fez-se a caracterização dos solos com base na descrição geológica das camadas aflorantes nas áreas de estudo, tendo-se selecionado um tipo de solo cujas características pedológicas (usando a classificação SROA 1971, 1973) serão semelhantes à constituição da rocha em determinado ponto, de acordo com a metodologia de OLIVEIRA (2004). A Figura 4.3 apresenta o mapeamento dos solos e o Anexo I apresenta um quadro síntese dos tipos de solos nas áreas de estudo.

Atendendo ao tipo de solos encontrado em cada local (cf. Figura 4.3), apresenta-se no Quadro 4.2 as concentrações médias em metais pesados esperadas em função do tipo de rocha-mãe. Estes são os valores de base (fundo geoquímico) dos solos, não considerando quaisquer pressões, nem da poluição da cidade nem das práticas agrícolas. A horta da CRIL tem solos cuja origem se enquadra nas rochas máficas. As demais hortas têm origem sedimentar com contribuição de calcário, mais acentuada no caso da horta da Quinta da Granja.

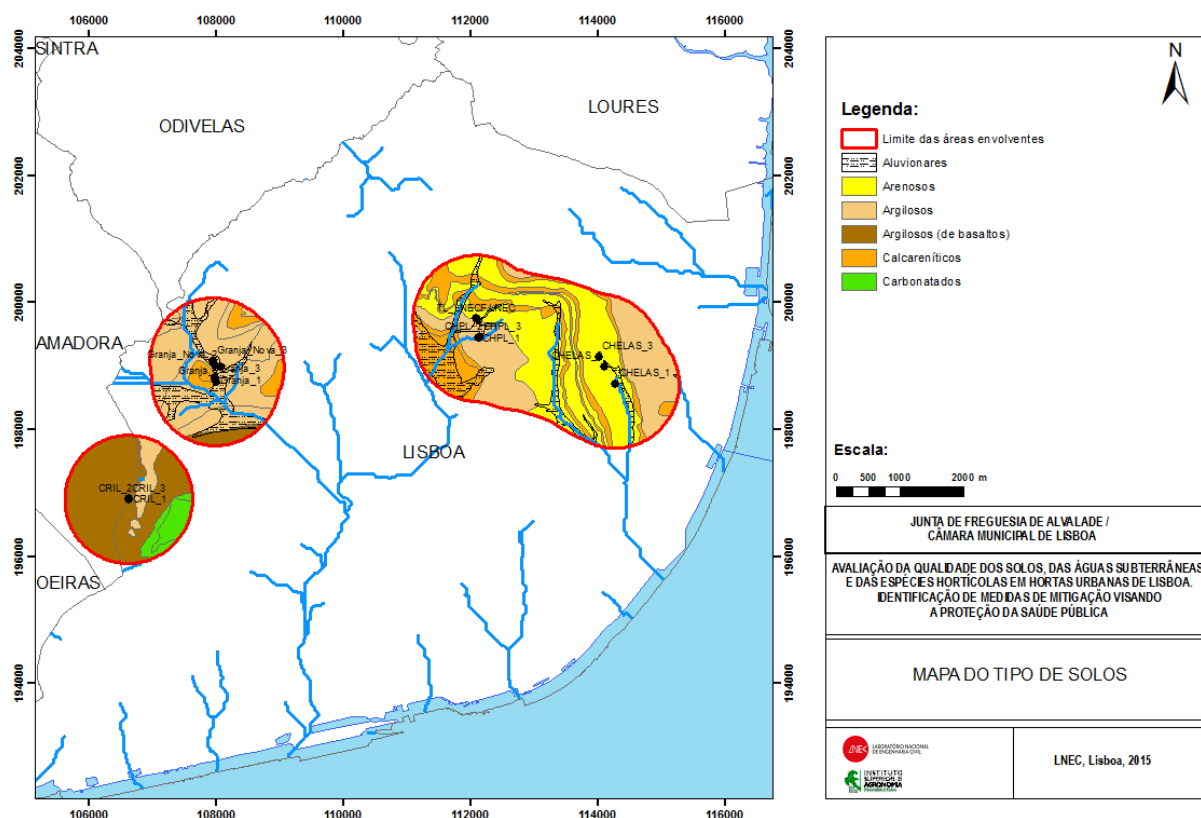


Figura 4.3 – Tipos de solos nas áreas de estudo

Quadro 4.2 – Concentração média em metais pesados e metaloides em função do tipo de rocha-mãe

Elemento	Concentração (mg/kg)			
	Rochas máficas (tipo basaltos)		Rochas sedimentares (tipo calcário)	Rochas sedimentares (tipo arenitos)
	Alloway (1990)	Merian (1991)	Alloway (1990)	
As	1,5	1,5	1	1
Cd	0,13	0,10	0,028	0,05
Co	35	48	0,1	0,3
Cr	200	168	11	35
Cu	90	90	5,5	30
Hg	0,01	0,02	0,16	0,29
Mn	1500	1390	620	460
Mo	1	1	0,16	0,2
Ni	150	134	7	9
Pb	3	3,5	5,7	10
Sb	0,2	-	0,3	0,05
Se	0,05	0,09	0,03	0,01
V	250	251	45	20
Zn	100	100	20	30

4.1.3 Propriedades físicas e químicas dos solos

4.1.3.1 Colheita de amostras de solo e métodos de medição

A amostragem dos solos para caracterização física e química baseou-se em três tipologias de recolha diferentes consoante o tipo de análise a realizar. Deste modo, foram efetuadas colheitas de:

- amostras de solo perturbadas representativas da camada 0-30 cm para caracterização textural, do pH, da matéria orgânica, do teor em carbonatos, dos catiões de troca, da condutividade elétrica e dos macro e micronutrientes. A colheita foi feita em três locais de cada horta, resultando numa amostra composta para cada (Figura 4.4 esquerda);
- amostras de solo não perturbadas, em cilindros metálicos com 6,5 de diâmetro e 8,5 cm de altura para determinação da condutividade hidráulica saturada do solo;
- amostras não perturbadas, em cilindros metálicos com 3,0 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro para determinação da curva de retenção da água no solo e da sua densidade aparente.



Figura 4.4 – Colheita de amostras de solo

Para estas duas últimas tipologias (Figura 4.4, centro e direita) de amostras foram efetuadas duas repetições em cada local. As amostras foram devidamente etiquetadas e acondicionadas, tendo sido transportadas para o Instituto Superior de Agronomia em Lisboa (análises químicas) e para o Laboratório de Solos do INIAV em Oeiras (análises físicas).

Para a caracterização textural foi efetuada a análise mecânica do solo com o método da pipeta, seguindo a metodologia descrita em SILVA *et al.* (1975). Foram utilizados os limites da escala de Atterberg, recomendados pela União Internacional da Ciência do Solo. Para a determinação da curva de retenção da água no solo utilizou-se o dispositivo da caixa de areia (STAKMAN, 1974) para pF entre 0,4 e 2,0, e o método da placa de pressão (RICHARDS & FIREMAN, 1943) para pF 4,2. A condutividade hidráulica saturada foi determinada com recurso ao método da carga constante (STOLTE, 1997).

O pH do solo foi determinado por potenciometria e a condutividade elétrica por condutivimetria. A matéria orgânica foi determinada por via seca com quantificação de CO₂ por infravermelho. Os carbonatos foram determinados por ataque ácido com quantificação de CO₂ por infravermelho. As bases de troca foram extraídas com acetato de amónio e quantificadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA) de chama. A acidez de troca foi quantificada por titulometria após extração com KCl (CARTER e GREGOROVICH, 2008).

Os métodos usados para a determinação dos macronutrientes foram: fósforo extraível (P_2O_5) extração Égner-Rhiem, espectrofotometria de Absorção Molecular Visível / Ultra-Violeta (EAM VIS/UV); potássio extraível (K_2O) extração Égner-Rhiem, fotometria de chama; os azotos nítrico ($N-NO_3^-$) e amoniacal ($N-NH_4^+$) foram determinados por EAM.

Quanto aos micronutrientes, os métodos utilizados foram: ferro extraível (Fe) extração Lakanen-Ervio, EAA; cobre extraível (Cu) extração Lakanen-Ervio, EAA; zinco extraível (Zn) extração Lakanen-Ervio, EAA; e manganês extraível (Mn) extração Lakanen-Ervio, EAA.

4.1.3.2 Caracterização física

O Quadro 4.3 apresenta os resultados relativos à proporção relativa dos diferentes lotes de partículas-minerais na camada de solo 0 – 30 cm, fator que influencia fortemente as propriedades físicas e químicas do solo. A classificação textural dos solos, segundo GOMES e SILVA (1962), indica que, à partida, todos os solos são adequados ao cultivo de culturas hortícolas. É de salientar que os hortelãos do Parque Hortícola do Vale de Chelas ressaltaram quantidade excessiva de elementos grosseiros existente no solo. Os solos da Quinta da Granja e do LNEC apresentam uma textura ligeiramente mais pesada do que os restantes, devido ao maior teor em limo e argila. Relativamente à biodisponibilidade dos metais pesados que possam existir no solo, ela é potencialmente maior nos solos do CHPL, do LNEC e do PHG, uma vez que o teor de argila é mais baixo.

Quadro 4.3 – Composição granulométrica dos solos (%) e classe textural

Horta	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2-0,02 mm	Limo 0,02-0,002 mm	Argila <0,002 mm	Classificação textural
CHPL	21,5	57,9	12,0	8,6	Franco-arenosa
PHVC	24,8	41,6	13,9	19,7	Franco-argilo-arenosa
PHG	17,4	54,7	14,6	13,3	Franco-arenosa
QG	15,2	44,6	18,3	21,9	Franca
LNEC	19,1	47,2	30,3	3,4	Franco-limosa
CRIL	41,5	23,2	16,0	19,3	Franco-arenosa

O Quadro 4.4 apresenta algumas propriedades físicas do solo relacionadas com a retenção e o transporte de água, tais como os teores de água na saturação (θ_s), na capacidade de campo (θ_{cc}) e no emurchecimento (θ_{ce}), bem como a massa volúmica aparente (Mv_a) e a condutividade hidráulica saturada (K_s). Os solos com maior capacidade utilizável de água, entre a capacidade de campo e o emurchecimento, são os das hortas da Quinta da Granja, e do LNEC, respetivamente com 220 e 200 mm de água por metro de profundidade de solo. Os solos do Parque Hortícola do Vale de Chelas, da Quinta da Granja, do CHPL e das hortas espontâneas da CRIL apresentam os valores de 190, 160, 190 e 160 mm m^{-1} respetivamente. Estes valores, que se classificam entre elevados e médios, são muito importantes para a elaboração dos calendários de rega nas culturas de Primavera/Verão e para a retenção da água da precipitação para as culturas de Outono/Inverno.

Quanto à permeabilidade ou condutividade hidráulica na saturação, os solos do PHG, LNEC e QG apresentam baixa permeabilidade, enquanto os solos do PHVC, CHPL e CRIL apresentam valores médios. Não se prevê por isso considerável potencial para lixiviação em profundidade de elementos em solução. Os solos de permeabilidade baixa poderão apresentar potencial para empoçamento e ocorrência de escoamento superficial com erosão do solo em caso de terreno declivoso, com arrastamento de alguns elementos adsorvidos às partículas de solo, como por exemplo o fósforo. As consequências ambientais referidas irão depender das práticas agrícolas utilizadas pelos hortelãos.

Quadro 4.4 – Algumas propriedades hidrodinâmicas dos solos das diferentes hortas

Propriedade	CHPL	PHVC	PHG	QG	LNEC	CRIL
θ_s (cm ³ cm ⁻³)	0,53	0,38	0,43	0,53	0,45	0,37
θ_{cc} (cm ³ cm ⁻³)	0,28	0,29	0,30	0,31	0,28	0,27
θ_{ce} (cm ³ cm ⁻³)	0,08	0,13	0,13	0,09	0,09	0,11
Mv_a (g cm ⁻³)	0,99	1,56	1,46	1,19	1,40	1,45
K_s (cm dia ⁻¹)	120	101	54	47	72	90

A Figura 4.5 mostra as curvas que descrevem as propriedades hidrodinâmicas, retenção de água e permeabilidade, dos solos em estudo. O comportamento hidrodinâmico dos diversos solos é semelhante, uma vez que as texturas são próximas. Verifica-se que os solos do CHPL apresentam valores elevados de humidade na saturação associada à sua elevada porosidade que resulta da incorporação no solo de grandes quantidades de material vegetal. O declive da curva de retenção é elevado, tal como para os solos do LNEC, significando que drenam rapidamente para pressões relativamente baixas.

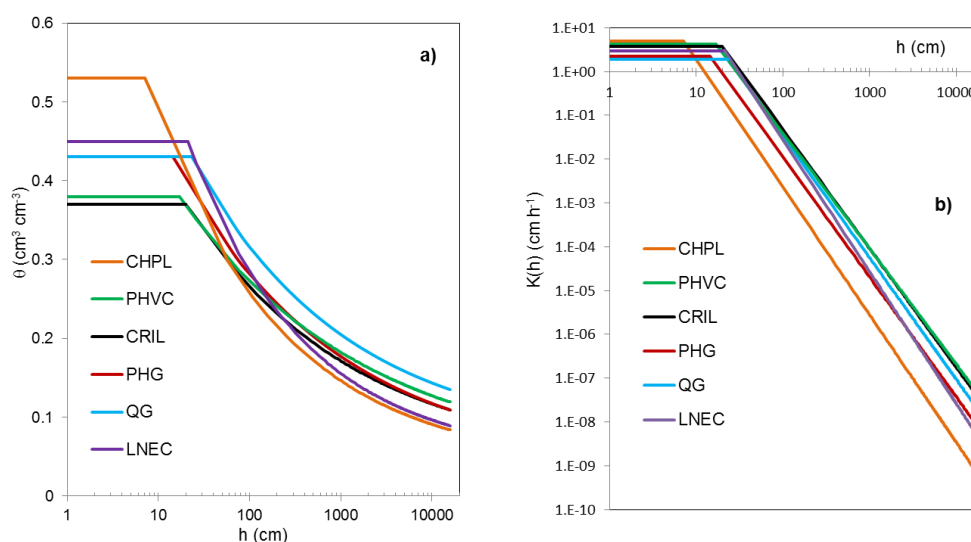


Figura 4.5 – Propriedades hidrodinâmicas do solo: a) curvas de retenção da água; b) curvas da condutividade hidráulica

Verifica-se que o solo do CHPL apresenta maior condutividade hidráulica saturada, K_s , mas menores condutividades não saturadas. Também a sua curva $K(h)$ apresenta maiores declives, significando

que apesar de apresentarem Ks mais elevados, a sua condutividade não saturada decresce mais rapidamente, em resultado da evolução da curva de perdas por drenagem profunda e em consequência de perdas de N e de outros elementos por lixiviação.

4.1.3.3 Propriedades químicas

Reação do solo - pH

De acordo com LQARS (2006), o solo do CHPL apresenta uma reação neutra, enquanto os restantes apresentam reação pouco alcalina (Figura 4.6). É nesta gama de pH (neutra e alcalina) que a biodisponibilidade de metais pesados é mais reduzida uma vez que estes são mais adsorvidos e/ou precipitam. Do ponto de vista agronómico, os valores de pH ligeiramente alcalinos podem ser desfavoráveis pois influenciam negativamente a disponibilidade de alguns macronutrientes (fósforo, potássio), micronutrientes (ferro, manganês, boro, cobre e zinco) e a atividade dos microrganismos intervenientes em processos fundamentais, tais como as nitrobactérias responsáveis pela nitrificação (SANTOS, 2012).

Condutividade elétrica

De acordo a Figura 4.7, o solo do PHG é não salino, não apresentando condicionantes ao cultivo de hortícolas. No entanto, os solos do PHVC, do CHPL e da QG apresentam ligeira salinidade, enquanto os do LNEC são moderadamente salinos. Tal situação poderá condicionar o desenvolvimento de culturas sensíveis à salinidade tais como o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), a cenoura (*Daucus carota* L.), a cebola (*Allium cepa* L.) e o morango (*Fragaria x Ananassa* Duch).

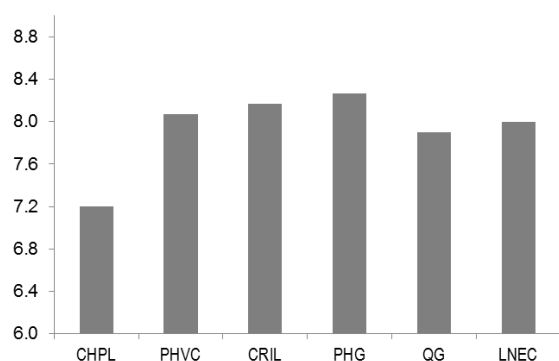


Figura 4.6 – pH do solo

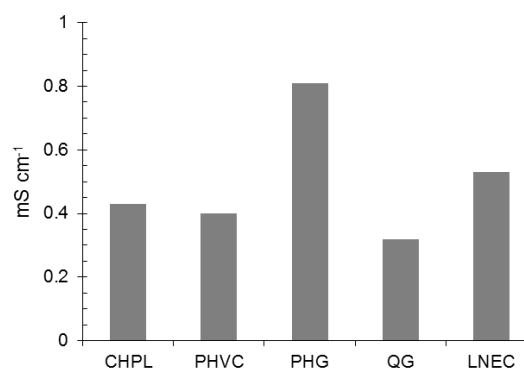


Figura 4.7 – Condutividade elétrica dos solos

Teor de carbonatos

De acordo com o seu teor em carbonatos (Figura 4.8), os solos do CHPL e do PHG são classificados como não calcários. Os solos do PHVC e da QG são pouco calcários, enquanto o da CRIL é medianamente calcário (SANTOS, 2012). Esta origem pode estar relacionada com materiais provenientes da construção da estrada. No último caso poderá ocorrer alguma insolubilização de nutrientes nomeadamente fósforo e alguns micronutrientes. A existência de carbonatos no solo diminui a biodisponibilidade de metais pesados devido às ligações formadas entre ambos. De acordo

com o teor em carbonatos (Figura 4.8), os solos do CHPL e do PHG são classificados como não calcários.

Os solos do PHVC e da QG são pouco calcários, enquanto os da CRIL são medianamente calcários (SANTOS, 2012). No último caso poderá ocorrer alguma insolubilização de nutrientes nomeadamente fósforo e alguns micronutrientes. A existência de carbonatos diminui a biodisponibilidade de metais pesados devido às ligações formadas entre ambos.

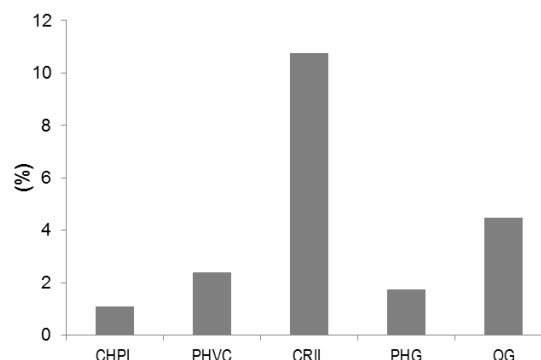


Figura 4.8 – Teor de carbonatos

Catiões de troca

A Figura 4.9 apresenta o teor de catiões de troca nos solos obtido pelo método do acetato de amónio. Embora este método não seja o mais recomendado em solos calcários, pois o acetato de amónio pode dissolver os carbonatos do solo e, portanto, aumentar os teores de cálcio e de magnésio extraíveis, esta determinação serviu como uma boa aproximação para a avaliação da CTC do conjunto de solos analisados.

A acidez de troca apresenta valores vestigiais pelo que o grau de saturação em bases do solo é elevado, o que se relaciona com a reação do solo neutra ou ligeiramente alcalina. A capacidade de troca catiónica (CTC) dos solos caracteriza-se como média nos solos CHPL e PHG, alta nos solos PHVC e QG e muito alta nos solos da horta da CRIL. Do ponto de vista agronómico, a fertilidade dos solos da PHVC, QG e CRIL é influenciada muito positivamente por estes valores de CTC pois é grande o índice de estabilidade, ou seja, as plantas encontram na solução do solo de forma constante os nutrientes que vão sendo libertados ou aplicados na forma de fertilizantes.

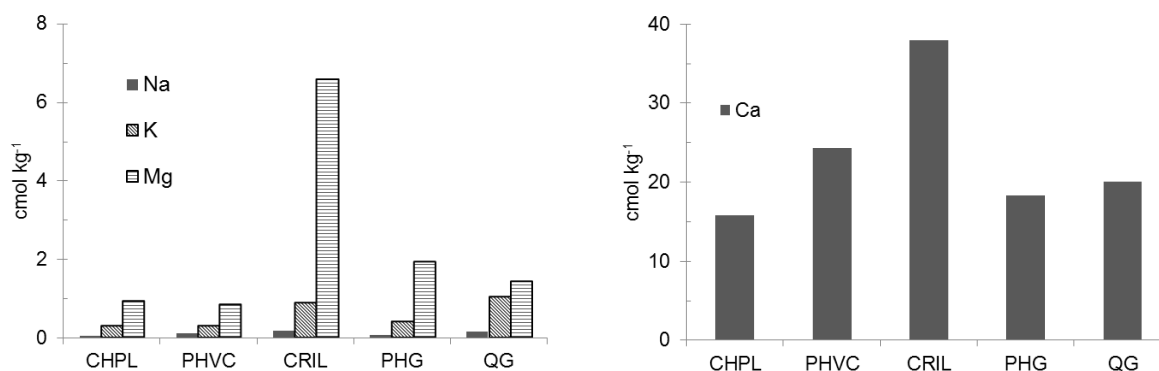


Figura 4.9 – Teor em catiões de troca

O grau de saturação em potássio e em cálcio é médio e alto, respetivamente, para todos os solos. O grau de saturação em magnésio é baixo para todos os solos com exceção da horta da CRIL para o qual é médio. Este resultado indica que pode, a curto prazo, ocorrer uma carência de magnésio nas culturas. Do ponto de vista ambiental, a elevada CTC observada tem efeitos favoráveis, uma vez que diminui o potencial de lixiviação, diminui a biodisponibilidade de metais pesados e aumenta o poder tampão do solo.

Matéria orgânica

As hortas do CHPL e da QG apresentam teor elevado de matéria orgânica (MO), enquanto as hortas do PHG apresentam valor médio e as hortas de PHVC, do LNEC e da CRIL, valor baixo (Figura 4.10).

Os teores elevados estão relacionados com a mistura de terra vegetal nos CHPL e na QG com a aplicação de grandes quantidades de estrume de animal, sendo favoráveis do ponto de vista agronómico por reterem os nutrientes na CTC da matéria orgânica e originarem uma estrutura do solo mais adequada ao desenvolvimento das raízes das plantas. Do ponto de vista ambiental, a biodisponibilidade de metais pesados será menor nestes solos uma vez que a MO apresenta elevada CTC.

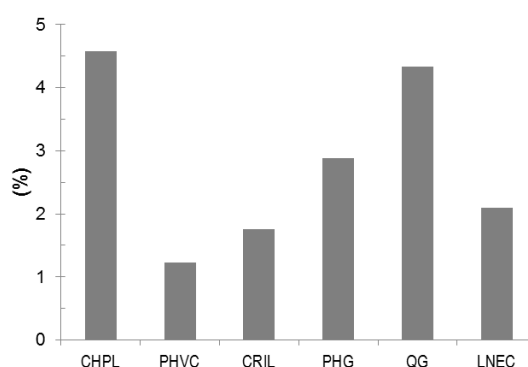


Figura 4.10 – Teor de matéria orgânica nos solos

Macronutrientes

A Figura 4.11 mostra a concentração nos macronutrientes fósforo e potássio nas suas formas biodisponíveis ou assimiláveis pelas plantas, P_2O_5 e K_2O (gráfico da esquerda). Apresentam-se também as concentrações em azoto mineral (gráfico da direita), nas formas nítrica ($N-NO_3$) e amoniacal ($N-NH_4$). As concentrações em fósforo classificam-se em muito altas para todas as hortas. Quanto ao potássio são também muito altas, com exceção das hortas do PHVC e do LNEC onde se classificam de altas. Estas concentrações em macronutrientes correspondem a elevados níveis de fertilidade dos solos (classe 7). No entanto, doses elevadas de potássio no solo são desaconselháveis pois podem conduzir a deficiências na absorção em outros nutrientes como por exemplo o magnésio (LQARS, 2006).

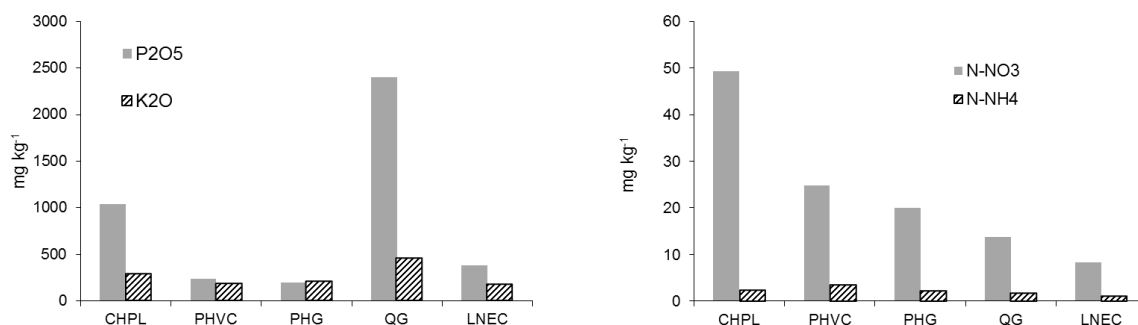


Figura 4.11 – Macronutrientes no solo

Micronutrientes

Apresentam-se na Figura 4.12 as concentrações de micronutrientes extraíveis nos solos das hortas, ou seja, as quantidades biodisponíveis. Verifica-se que as concentrações de ferro encontram-se no domínio da classe de fertilidade muito alta em todas as hortas (LQARS, 2006). O zinco encontra-se em concentrações muito altas nas hortas da QG, do LNEC e do CHPL, altas no PHG e média nas hortas do PHVC. O cobre apresenta concentrações médias em todas as hortas. O manganês apresenta concentrações médias em todas as hortas, com exceção do PHG onde apresenta concentração alta e da CRIL onde é muito alta.

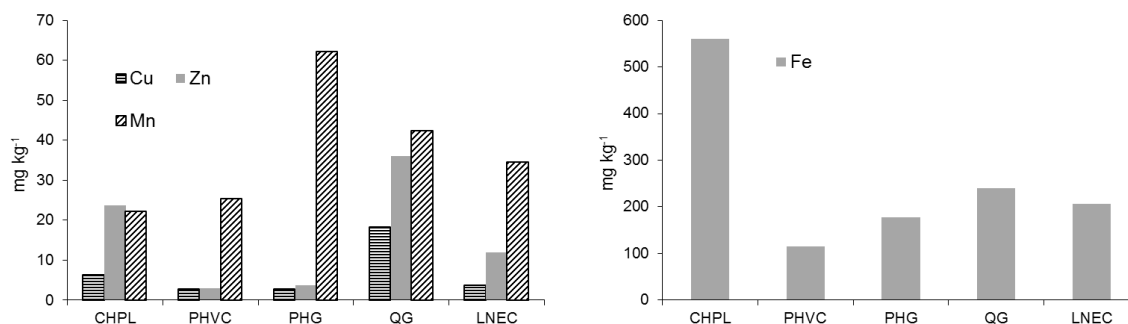


Figura 4.12 – Concentração de micronutrientes no solo

No que diz respeito ao teor de macro e micronutrientes e à fertilidade do solo, pode concluir-se que de uma maneira geral todos os talhões apresentam concentrações elevadas, pelo que não serão de esperar deficiências destes nutrientes. Do ponto de vista ambiental são de esperar perdas por arrastamento com as águas da rega e da precipitação, nomeadamente lixiviação e escoamento superficial. Os valores apresentados são concordantes com uma aplicação excessiva dos referidos nutrientes.

4.2 Pressões da cidade de Lisboa

4.2.1 Caracterização geral

Para a avaliação das pressões ambientais a que os solos, as águas e os vegetais dos locais de estudo estão sujeitos, traçou-se um limite em torno de cada horta analisada que engloba as áreas envolventes desde os pontos de amostragem até 1000 m de distância (representado pelo traço a vermelho na Figura 4.13).

Com base na informação disponibilizada pela CML, completada pelo LNEC com base em fotografia aérea (Google Earth®) foi efetuada a caracterização, em SIG, das principais pressões no interior do perímetro das áreas envolventes às hortas de Lisboa selecionadas, em particular daquelas que poderão ser as mais prováveis fontes de contaminação por metais pesados e por PAH (hidrocarbonetos mais comuns da poluição por estradas e aeroportos). Os resultados desta análise são apresentados na Figura 4.13.

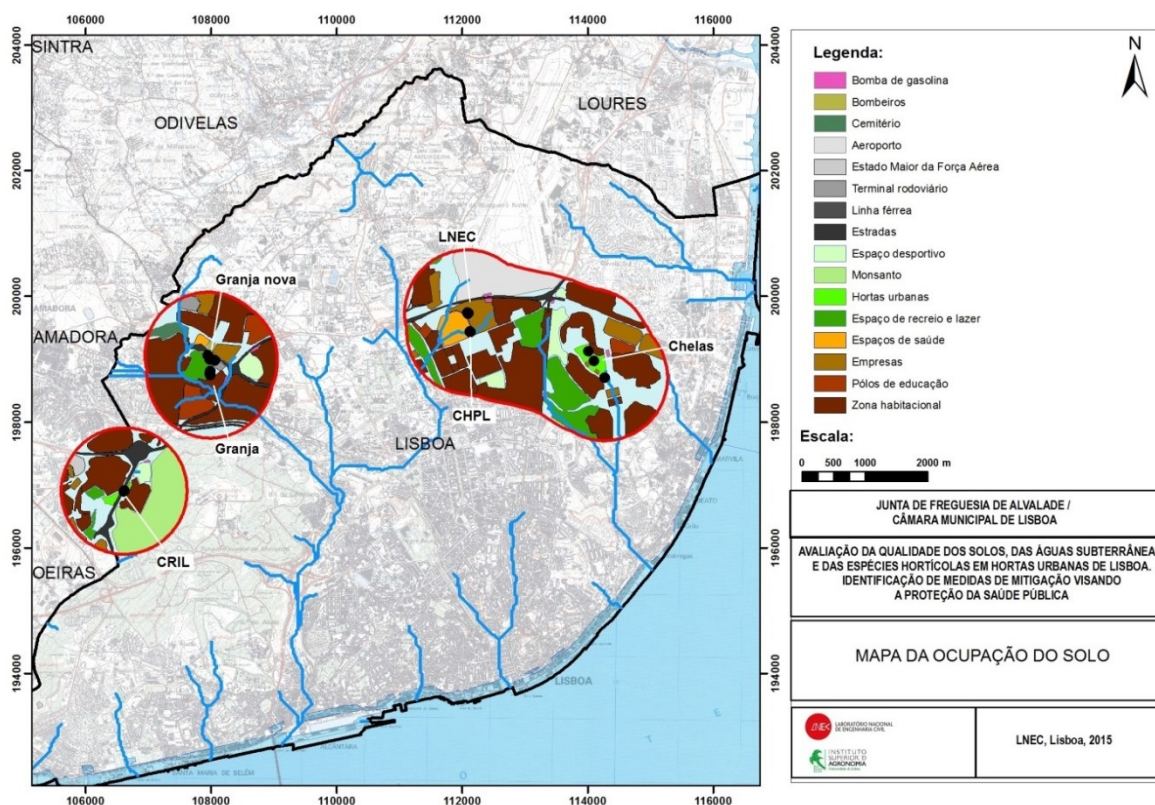
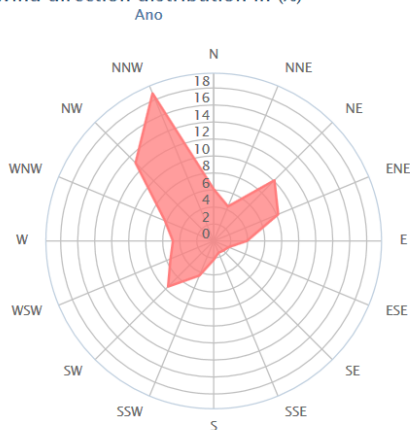


Figura 4.13 – Mapa da ocupação do solo com identificação das principais pressões

A análise das pressões com origem nas atividades ligadas à cidade, apresentada na Figura 4.13 e seguidamente detalhada, teve em atenção o facto do principal veículo de propagação e deposição dos poluentes emitidos na cidade ser feito a deposição via aérea, sendo a direção principal dos ventos em Lisboa de NW-NNW (Figura 4.14).

Wind direction distribution in (%)



© windfinder.com

(extraído de <http://pt.windfinder.com/windstatistics/lisboa>)

Figura 4.14 – Principais direções do vento em Lisboa

As principais pressões da cidade são as seguintes:

- LNEC: proximidade ao corredor aéreo do aeroporto de Lisboa; proximidade à rua das Murtas (cerca de 50 m em linha reta) e à 2.ª circular (cerca de 190 m em linha reta); e proximidade ao CHPL onde poderá haver emissões gasosas da queima de resíduos (cf. Figura 4.15);
- Centro Hospitalar Psiquiátrico de Lisboa: proximidade ao corredor aéreo do aeroporto de Lisboa; proximidade à rua das Murtas (cerca de 40 m em linha reta) e à avenida do Brasil (cerca de 70 m em linha reta); e presença no CHPL (cf. Figura 4.15);

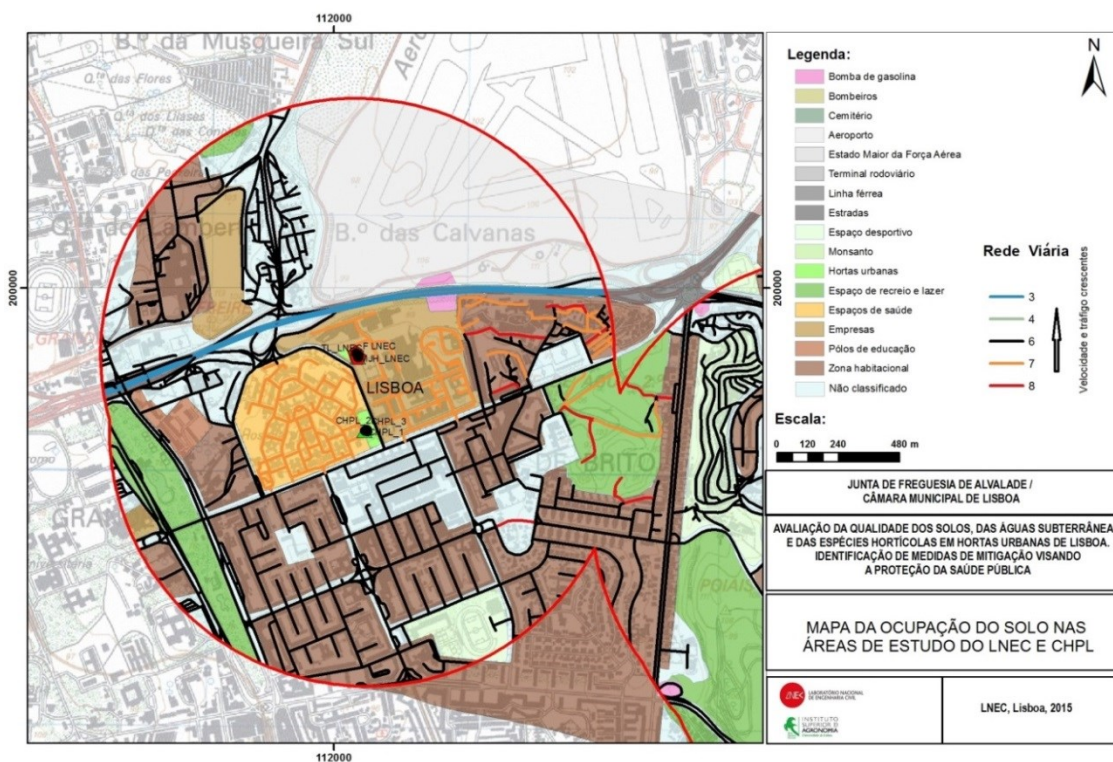


Figura 4.15 – Mapa da ocupação do solo nas áreas de estudo do LNEC e do CHPL

- Quinta da Granja e Parque Hortícola da Granja: proximidade a eixos viários com elevada circulação (cf. Figura 4.16);
- Parque Hortícola do Vale de Chelas: proximidade a um eixo viário e uma bomba de gasolina (cf. Figura 4.17);
- CRIL: a principal pressão nesta área de estudo é a sua proximidade à CRIL (< 5m). Contudo, a barreira acústica existente no local também dificulta a deposição direta das emissões decorrentes da circulação automóvel. Há, ainda, a drenagem da estrada da Portela, paralela à CRIL, que é utilizada por alguns hortelãos para irrigar as suas hortas.

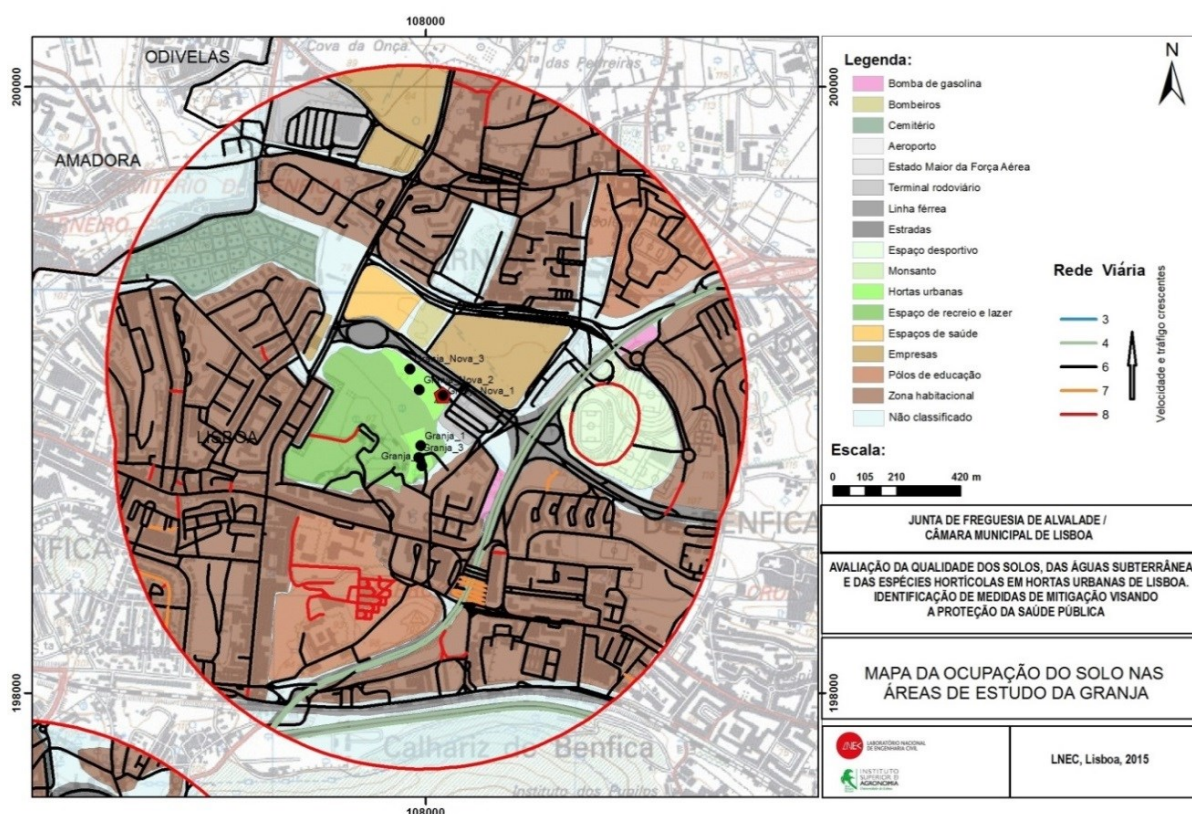


Figura 4.16 – Mapa da ocupação do solo nas áreas de estudo da Granja

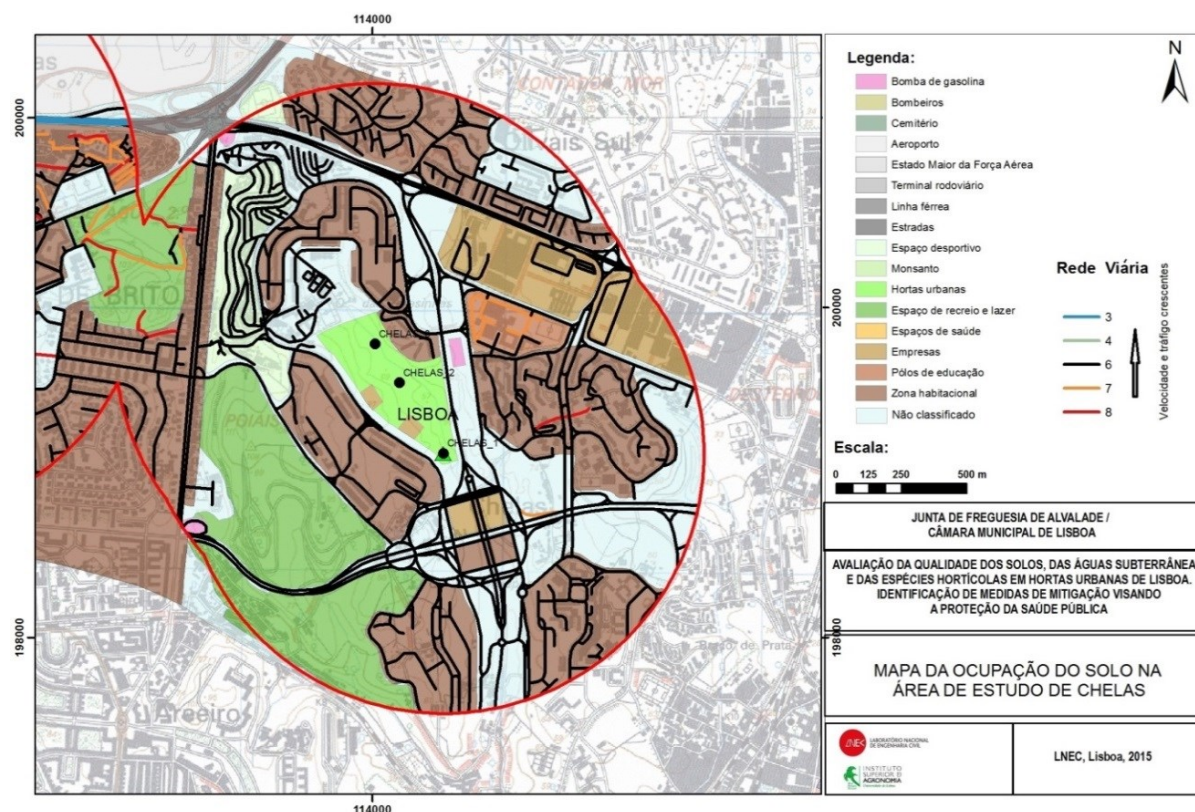


Figura 4.17 – Mapa da ocupação do solo na área de estudo do PHVC

Atendendo à relevância da poluição proveniente de emissões de estradas e de aeroportos, apresenta-se uma breve síntese dos principais processos e poluentes associados.

A génese dos contaminantes rodoviários deve-se a cinco conjuntos de fatores principais: tráfego e carga, pavimento, equipamento da estrada, manutenção e origens exteriores.

Entre os contaminantes mais comuns associados à contaminação rodoviária encontram-se os metais pesados (zinco, cobre, chumbo, cádmio, crómio, ferro, níquel, cobalto e vanádio), os hidrocarbonetos (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, e os óleos e gorduras), partículas em suspensão (vidro, plástico, poeira), matéria orgânica (poeira, húmus) e nutrientes (azoto, fósforo, sais), cuja génese vem descrita no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Principais contaminantes presentes no ambiente rodoviário e suas origens (LEITÃO, 2010)

Tipo de poluente	Principais origens																
	Tráfego e carga					Pavimento			Equipamento	Manutenção			Origens exteriores				
	Materiais da viatura	Pneus	Travões	Combustível e/ou óleo do motor	Óleos de lubrificação	Carga	Pedra	Betume	Materiais secundários e alternativos	Guardas de segurança e sinalização	Inverno/Verão	Pinturas	Controlo da vegetação	Limpeza de neve	Lixos	Excrementos	Contaminação atmosférica
Metais pesados	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X		X	X		X
Cádmio		x	x									x					
Chumbo		x	x	x													
Cobre	x	x	x									x					
Crómio	x	x	x														
Ferro	x	x															
Níquel		x										x					
Vanádio				x	x												
Zinco	x	x	x	x						x		x					
Hidrocarbonetos	X	X		X	X	X		X	X				X	X			X
Nutrientes				X		X			X		X		X	X	X	X	X
Detergentes	X			X						X	X						
Matéria orgânica				X		X		X	X		X		X	X	X	X	X
Partículas	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Microrganismos						X								X	X	X	X

Fonte: adaptado de JAMES (1999); SANSALONE e BUCHBERGER (1997); LEITÃO *et al.* (2000a e b, 2005); e FOLKESON *et al.* (2008)

A carga poluente nas águas de escorrência é uma função do tipo de secção da estrada, tráfego médio diário (TMD), da velocidade média, do tipo de pavimento, das operações de manutenção, do uso do solo da zona envolvente, do período seco antecedente, da qualidade do ar, dos ventos dominantes, da intensidade e duração da precipitação, do uso do solo na envolvente. No entanto, embora se saiba quais as variáveis que interferem com a emissão de contaminantes rodoviários e a sua acumulação e dispersão ou transporte no ambiente, é difícil estabelecer relações entre todas as variáveis.

O volume de tráfego, a proporção de veículos ligeiros e pesados, a velocidade e o modo de condução, bem como o tipo, o peso e a idade dos veículos produzem diferentes emissões de contaminantes que aumentam porquanto o motor necessita de mais energia e há mais desgaste dos componentes do veículo (JAMES, 1999; HIRD *et al.*, 2000, LEITÃO *et al.*, 2005).

A idade, o tipo de material, a qualidade do pavimento e a sua resistência ao desgaste são os fatores responsáveis pela maior ou menor libertação de partículas e contaminantes referidos no Quadro 4.5 para os pavimentos.

Acresce a origem de poluição do próprio equipamento das estradas que inclui guardas de segurança, sinalização vertical e candeeiros compostos em parte por aço galvanizado cuja corrosão pode vir a libertar metais como o zinco (BARBOSA e HVITVED-JACOBSEN, 1999). A corrosão destes equipamentos é promovida pela precipitação, *splash* dos carros e aplicação de sais de degelo (embora não seja o caso de Lisboa) que podem solubilizar o zinco.

O principal veículo de transporte da contaminação acima referida é a própria água de escorrência da estrada e a deposição em áreas adjacentes por *splash* e deposição de poeiras resultantes do movimento dos veículos e a dispersão atmosférica. No caso das seis hortas urbanas analisadas a deposição é feita via atmosférica uma vez que a única horta que se encontra contígua à estrada, cf. CRIL, está separada por uma barreira acústica.

O conjunto de atividades aeroportuárias que pode causar impacte na qualidade da água de escorrência e na qualidade dos solos e das águas da zona envolvente, estão relacionadas com:

- funcionamento das aeronaves (com libertação de gases, de combustível, de óleos e de borracha dos pneus);
- limpeza, manutenção, reparação e abastecimento de veículos e de aeronaves (com libertação de combustível, de óleos, de solventes e de detergentes);
- atividades de construção e de reparação da zona aeroportuária (com produção de resíduos diversos);
- manutenção da área (e.g. uso de pesticidas e de agentes de degelo e anti-congelamento);
- fugas acidentais de combustíveis ou de químicos, de aeronaves ou de exercícios de incêndios (com produção de óleos e de mousses sintéticas).

Os hidrocarbonetos constituem a origem principal de contaminantes de um aeroporto e resultam da combustão incompleta de combustíveis fósseis (DELRIEU e MARS, 2007). Entre eles encontram-se os PAH destacando-se os seguintes: benzo(a)pireno, benzo(ghi)perileno, pireno, fluoranteno, fenantreno, fluoreno, acenafteno, naftaleno, e antraceno. Estas substâncias são geradas pela combustão incompleta dos combustíveis nos motores. A sua concentração nos carburantes empregues na aviação são da ordem de 30 a 100 mg/kg (LE DEAN *et al.*, 1995). São produtos muito pouco solúveis e que se encontram adsorvidos às partículas de material sólido, designadamente em suspensão na água.

Os alcanos, componentes dos combustíveis de aviação como JetA1 e 100LL, são insolúveis na água mas são miscíveis na maioria dos líquidos orgânicos e são mesmo solventes para vários compostos orgânicos. Os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) são outros compostos orgânicos aromáticos também presentes nos combustíveis, bem como o nafteno e o fenol. Estes constituem os hidrocarbonetos mais solúveis, mais móveis e mais tóxicos.

Os metais pesados são outra das origens de contaminação ligada ao transporte aéreo. Destaca-se o cádmio, o zinco, o cobre, o níquel, a platina e o chumbo, os dois últimos essencialmente provenientes de carburantes e de óleos, e os quatro primeiros da composição de pinturas e de produtos decapantes (LE DEAN *et al.*, 1995).

No caso das hortas urbanas de Lisboa, a deposição seca difusa de gases será o processo principal de poluição, sendo o seu impacto potencialmente maior nas áreas da CRIL, do CHPL e do LNEC.

4.2.2 Caracterização da qualidade da deposição atmosférica em áreas hortícolas de Lisboa

4.2.2.1 *Objetivos*

A análise da qualidade da água resultante da deposição atmosférica nos locais de hortas urbanas teve como objetivos:

- caracterizar a qualidade da água que entra no solo (i.e. a deposição húmida resultante da interseção da água da precipitação com as partículas atmosféricas em ambiente urbano, através de amostradores de precipitação colocados sob os vegetais) em termos da sua concentração em metais (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ta, V e Zn) e em PAH (Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenz(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1.2.3.cd)pireno, Naftaleno, Pireno, Soma 16 PAH);
- analisar o tipo de contaminação das águas de deposição atmosférica e correlacioná-lo com a localização da horta.

4.2.2.2 *Metodologia adotada*

Para efetuar um levantamento da potencial contaminação originada pelas pressões existentes, na cidade de Lisboa, foram colocados nas hortas tabuleiros para recolha da deposição seca e da deposição por precipitação. Os tabuleiros foram deixados nos locais entre janeiro e setembro de 2015. A colheita das amostras de água foi realizada em dois períodos distintos: (1) de 12-01-2015 a 17-06-2015 e de (2) 17-06-2015 a 18-09-2015. O primeiro corresponde a um período de cinco meses e o segundo a um período de três meses. Chama-se a atenção para o facto de ter sido necessário proceder à lavagem de tabuleiros, utilizando água destilada, nas amostras do período de 17/6 para o CHPL e de 18/9 para a CRIL, na medida em que os mesmos estavam secos. Estas duas amostras estão assim diluídas, como se pode verificar pelo baixo valor de sólidos totais dissolvidos e de condutividade elétrica (Quadro 4.6).

O Quadro 4.6 apresenta a síntese das amostras de deposição atmosférica recolhidas, dos procedimentos efetuados (observações) e dos parâmetros medidos à chegada ao laboratório. As amostras para análise química foram congeladas. De referir que, na amostragem de setembro, se verificou que o coletor da horta do CHPL não se encontrava no local e que o coletor do Parque Hortícola da Granja estava coberto por estrume, pelo que não se procedeu a estas duas amostragens.

No Anexo II apresentam-se os resultados obtidos para a qualidade da deposição atmosférica das hortas estudadas.

Quadro 4.6 – Parâmetros físico-químicos gerais das amostras de deposição atmosférica recolhidas nas hortas de Lisboa

Data de recolha	Designação	pH	Eh mV	CE μS/cm	TDS mg/l	Salinidade ppt	T °C	Observações
17-06-2015	DEP_PHVC	7,16	-136	561	403	0,3	19,9	1000 mL para o frasco de recolha e deitou-se fora 635 mL
	DEP_LNEC	7,38	-164,6	608	435	0,33	19,9	Volume: 900 mL
	DEP_CRIL	7,92	230	1200	861	0,46	18,6	Volume: 190 mL
	DEP_PHG	6,27	11,7	1728	1559	1,27	19,2	900 mL para o frasco de recolha e deitou-se fora 375 mL
	DEP_CHPL	7,81	6,3	150,4	108,55	0,08	19,7	Coletor seco com muitas partículas depositadas; foi lavado com 1000 mL de água destilada
18-09-2015	DEP_PHVC	8,06	396,3	229,9	104,2	0,11	22,7	Volume: 750 mL; Coletor mudado de local mas na mesma horta agora sem culturas pois o dono desistiu
	DEP_LNEC	7,89	35,9	7685	5161	4,41	23,3	Volume: 800 mL
	DEP_CRIL	8,52	370,25	45,7	31,2	0,02	22,6	Frasco vazio, removido do local e invertido sobre uma estaca de madeira, fez-se a lavagem com 800 mL de água destilada
	DEP_PHG	-	-	-	-	-	-	Estrume colocado sobre coletor
	DEP_CHPL	-	-	-	-	-	-	Não se encontrou o coletor no local

4.2.2.3 Metais

A Figura 4.18 apresenta os resultados obtidos para a concentração em metais nas águas de deposição atmosférica. Observa-se, como seria de esperar, que as concentrações em ferro, alumínio e manganês são as mais elevadas, uma vez que estes são três dos constituintes mais abundantes da litosfera.

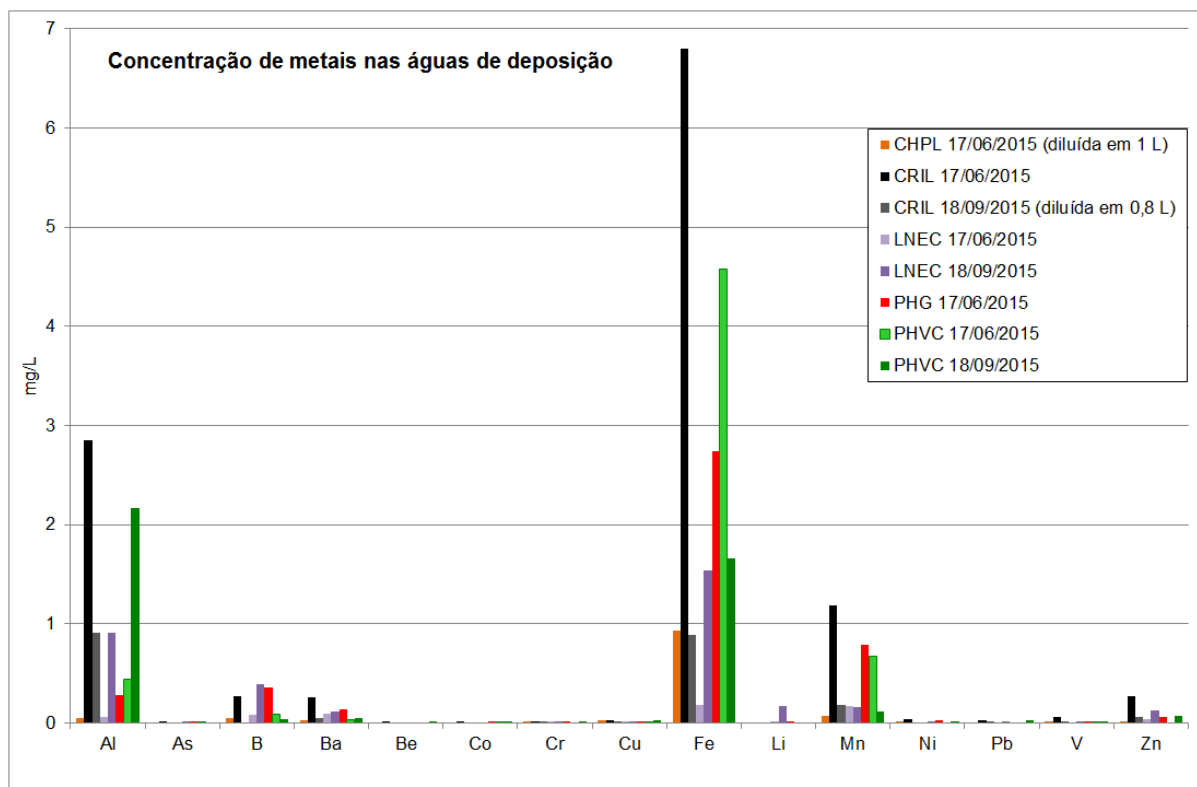


Figura 4.18 – Concentração em metais nas águas de deposição atmosférica (escala maior)

A Figura 4.19 apresenta os mesmos resultados excluindo estes três elementos e ajustando a escala até 1 mg/L, por forma a melhor se observarem os restantes resultados.

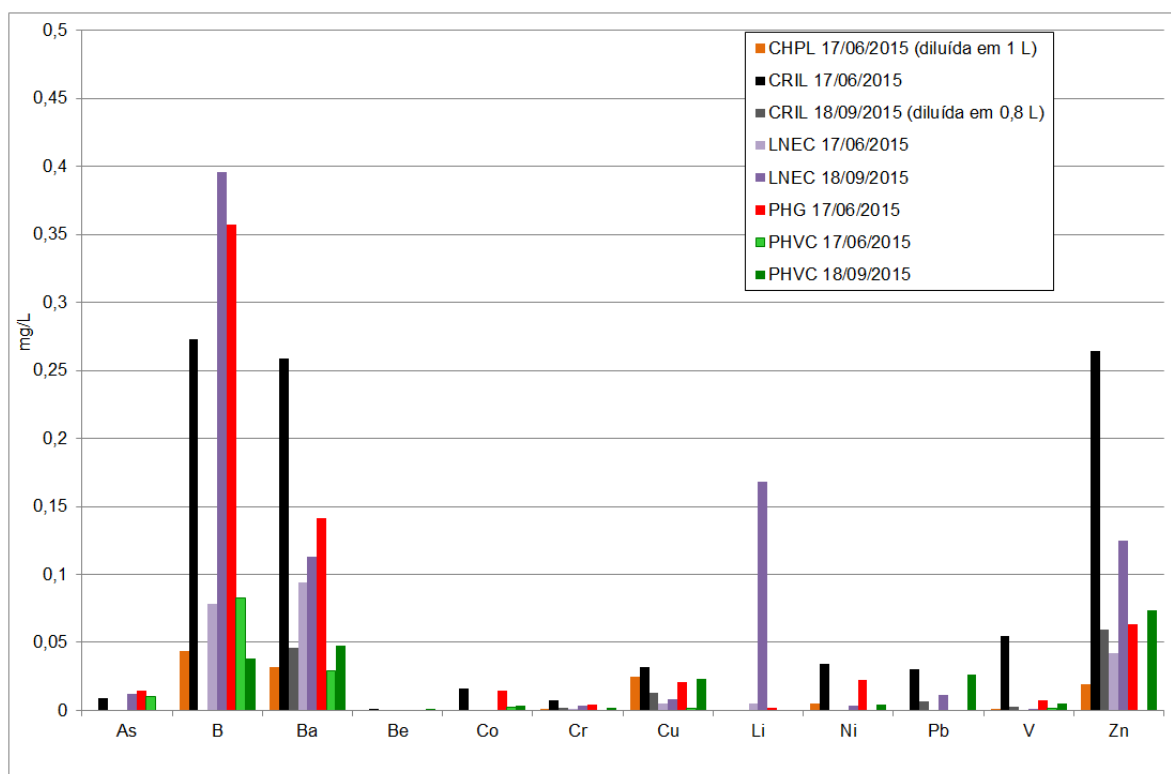


Figura 4.19 – Concentração em metais pesados nas águas de deposição atmosférica (escala menor)

As concentrações obtidas são relativamente baixas. Apenas a título comparativo, uma vez que não é diretamente comparável, a maioria destas concentrações apresentam valores abaixo da referência para águas subterrâneas potáveis definida nas normas do Canadá (cf. Quadro 6.1).

4.2.2.4 Hidrocarbonetos

A Figura 4.20 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração em hidrocarbonetos nas amostras de água de deposição atmosférica. Atendendo ao facto de a metodologia de recolha selecionada implicar a permanência da deposição seca e húmida nos diferentes locais por elevados períodos de tempo, crê-se que terá ocorrido uma degradação significativa de muitos dos hidrocarbonetos, pelo contacto com a atmosfera e a luz solar. Não obstante, pode obter-se uma confirmação da origem dos hidrocarbonetos. Os processos de deposição atmosférica e de infiltração nos solos permitem que estes estejam essencialmente presentes nos solos, apesar de, também aí, estes elementos serem sujeitos a processos de bioreabilitação pela presença de microrganismos capazes de os degradar.

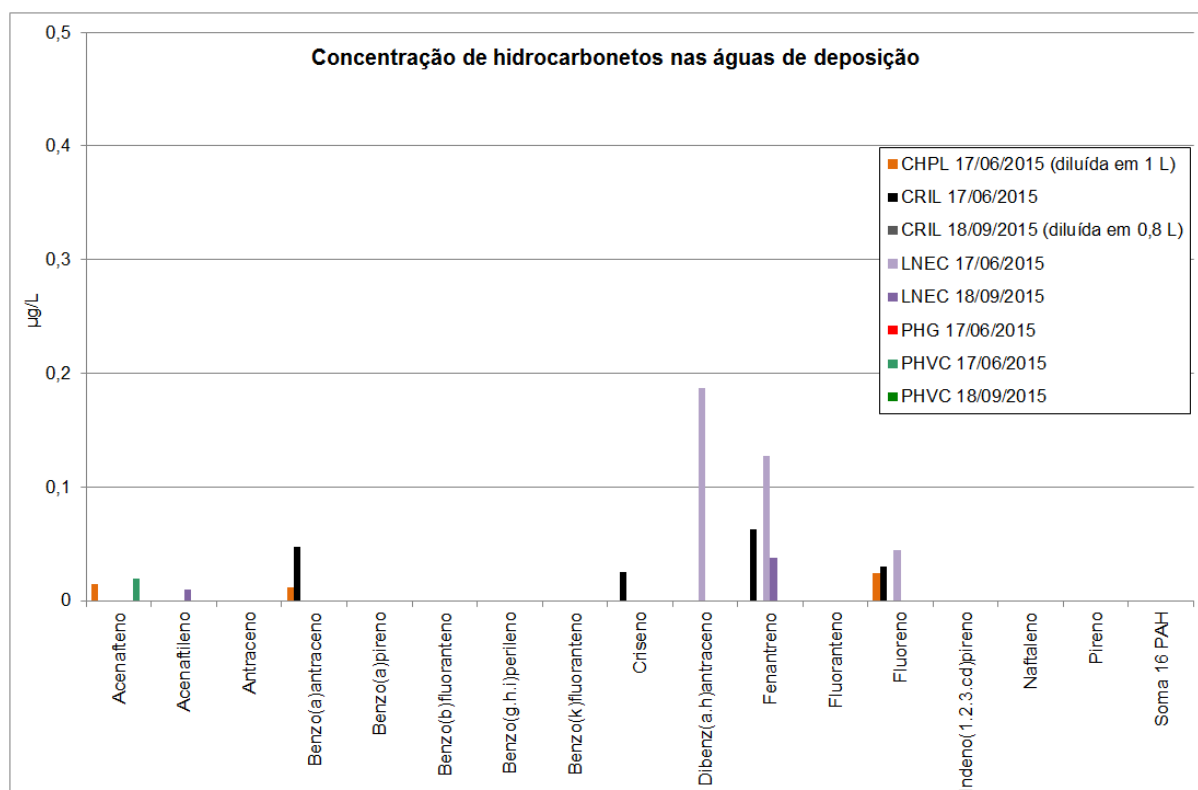


Figura 4.20 – Concentração em hidrocarbonetos nas águas de deposição atmosférica

O LNEC e a CRIL, e possivelmente o CHPL em maior escala que os anteriores (atendendo a que foi diluída a deposição seca), foram os locais onde se encontraram mais hidrocarbonetos nas águas de deposição atmosférica. Atendendo às pressões a que estes locais estão sujeitos, esse era o cenário espectável (cf. frase final da secção 4.2.1). Como se irá verificar na secção 5.4.10, estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos para a concentração de hidrocarbonetos nos solos, onde

se observam os valores mais elevados no CHPL e na CRIL, locais presentemente mais sujeitos à poluição atmosférica, mas também na Quinta da Granja, onde o solo removido pelas práticas agrícolas vem integrando o historial do local e o efeito acumulativo das pressões atmosféricas.

Importa, por fim, destacar que, embora se desconheça a existência de valores definidos para a qualidade da água de deposição atmosférica, se se compararem, a título de exemplo de referência, estes valores com a legislação do Canadá para águas subterrâneas potáveis (*Table 2*), todos os valores medidos para as águas de deposição se encontram abaixo.

4.3 Práticas agronómicas

Pretendeu-se caracterizar as práticas agronómicas adotadas pelos hortelãos de modo a identificar possíveis relações entre estas e a qualidade dos solos e das espécies vegetais analisadas. A metodologia utilizada para esta caracterização baseou-se na realização de inquéritos aos hortelãos, tal como se descreve abaixo.

4.3.1 Inquéritos aos hortelãos

A caracterização das práticas agronómicas adotadas pelos hortelãos inscreve-se no âmbito de um inquérito por questionário. Depois de elaborado, o modelo de inquérito foi testado e, por fim, aplicado presencialmente a indivíduos que cultivam hortas localizadas na Quinta da Granja e no Parque Hortícola do Vale de Chelas. O modelo de inquérito abarca um conjunto de questões organizadas em sete grandes temas, a saber: caracterização do perfil socioeconómico do hortelão; relação com a agricultura e o meio rural; relação com a horta urbana; características da horta; técnicas e práticas culturais adotadas; destinos da produção e ocupação do tempo; e motivações do hortelão.

Tendo em conta os objetivos do presente estudo, a informação empírica recolhida refere-se às variáveis que constam do tema Caracterização da Horta e Técnicas e Práticas Culturais. O tema Caracterização da Horta inclui as seguintes variáveis:

- área da horta e n.º de meses em que o terreno fica a descoberto (sem ser cultivado);
- sequência das três principais culturas de Primavera/Verão e Outono/Inverno praticadas;
- avaliação do inquirido sobre as condições disponibilizadas pela CML no que refere à disponibilização de recursos e acompanhamento e formação técnica;
- principais práticas culturais adotadas (rotações, lavoura superficial, armação do terreno, etc.);
- caracterização detalhada das principais operações culturais adotadas, a saber:
 - rega;
 - fertilização química e orgânica (estrume e compostagem);
 - origem das sementes e/ou plântulas;
 - origem dos conhecimentos agrícolas utilizados.

De seguida dá-se a conhecer a tendência alguns dos resultados obtidos nos 20 inquéritos por questionário. A distribuição destes inquéritos é a seguinte: Parque Hortícola da Granja: sete inquéritos; Quinta da Granja: seis inquéritos; Parque Hortícola do Vale de Chelas: sete inquéritos. De

esclarecer, desde já, que os resultados referidos são ainda preliminares dado o ainda reduzido número de inquéritos realizados. Daí nos referirmos a estes resultados como tendenciais.

4.3.2 Práticas culturais, de rega e de fertilização

A maior parte dos inquiridos (75%) diz praticar rotações das culturas e dispor/utilizar pilha de compostagem; 65% afirma fazer mobilização profunda do terreno; 70% não faz cobertura do terreno (com plástico, palha), outros tantos constroem armações/suportes para plantas trepadoras; metade diz incorporar matéria orgânica no solo; só um disse construir túneis/estufas (Parque Hortícola da Granja) e não praticar lavouras superficiais, e só 35% dizem fazer mobilização profunda do terreno (três inquiridos localizados na Quinta da Granja e quatro no Parque Hortícola do Vale de Chelas). Estas práticas culturais podem contribuir para ajudar na análise e interpretação da qualidade dos solos, nomeadamente justificando a semelhança de qualidade dos solos às duas profundidades analisadas (cf. secção 5.4.1).

Com exceção dos hortelãos localizados na Quinta da Granja e do LNEC, que recorrem à água de poço/fonte para rega, os restantes regam com água da rede pública. A rega é maioritariamente (18 inquiridos) feita com uso de mangueira. Só um inquirido pratica a rega com balde (Quinta da Granja) e outro a rega gota-a-gota (PHVC). Seis inquiridos dizem regar, durante a época de Primavera/Verão, duas vezes por semana, cinco regam três vezes por semana, outros cinco quatro vezes por semana, dois disseram que regaram cinco vezes por semana e só um disse regar uma vez por semana. Os que praticam a rega durante os meses de Inverno, a maioria (seis inquiridos) diz regar apenas uma vez por semana.

O Quadro 4.7 apresenta as propriedades físico-químicas da água de rega utilizada na Quinta da Granja que tem duas origens possíveis, uma mina e um poço, e no poço do LNEC (com base nos valores obtidos em Lobo-Ferreira *et al.*, 2012). As águas não apresentam restrições no que respeita ao pH. No entanto, de acordo com o Decreto-Lei 236/98, de 1 de Agosto, referente à qualidade das águas destinadas à produção de água para consumo humano (Anexo I), a água dos poços apresentam uma condutividade elétrica (CE) superior ao valor máximo recomendado (VMR), de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto o teor em NO_3^- da água da mina apresenta valor superior ao VMR (25 mg/L) e inferior, mas muito próximo, ao valor máximo admissível (VMA), de 50 mg/L. Esta quantidade de NO_3^- presente na água de rega deve ser contabilizada nos planos de fertilização das hortas para evitar o excesso de azoto nos solos. Acrescenta-se que alguns hortelãos afirmam consumir destas águas.

Verificou-se ainda que o teor em metais pesados, Cu, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn, nas referidas águas utilizadas para a rega na QG foi, para todos os elementos, inferior ao limite de deteção do método utilizado.

Quadro 4.7 – Propriedades físico-químicas da água de rega

Propriedade	Quinta da Granja		LNEC
	Mina	Poço	Poço
pH	8,0	7,5	7,65
CE (µS/cm)	760	1 340	1147
NO ₃ ⁻ (mg/L)	47,0	18,1	3,6

A prática da fertilização das culturas é feita com recurso, sobretudo, à fertilização orgânica, concretamente, por estrume e por resíduos da compostagem. Com efeito, dos 20 inquiridos só três afirmaram recorrer à adubação química. Um inquirido localizado na Quinta da Granja que utiliza o Nitrolusal nas culturas da batata-doce e couve portuguesa e dos dois inquiridos que cultivam hortas no PHVC, um recorre ao Nitro 27 para a couve portuguesa e cebola e o outro aplica o adubo natural ecológico 4.4.4 nas culturas da couve nabiça e couve-flor.

A fertilização orgânica com estrume é adotada pela totalidade dos inquiridos. Metade destes últimos recorre ao composto comercial com base em estrume de cavalo (Siro® Equídeo). Os restantes recorrem a estrumes de produção interna, sete recorrem a estrume de galinha (Parques Hortícolas da Granja e do Vale de Chelas), seis aplicam estrume de coelho (Parques Hortícolas da Granja e do Vale de Chelas) e um utiliza estrume de cabra (Quinta da Granja). De notar que a maioria dos inquiridos tende a utilizar diferentes tipos de estrume, de acordo com a disponibilidade. A aplicação do estrume ocorre, sobretudo, antes da sementeira. Há, porém, inquiridos que também estrumam o solo nas fases da planta jovem e planta em crescimento.

O composto comercial Siro® Equídeo é um biofertilizante com um teor de matéria orgânica superior a 70 %. O seu teor em azoto, fósforo assimilável (P₂O₅) e potássio assimilável (K₂O) foi analisado de acordo com o método já referido para o caso dos solos, apresentando-se os resultados no Quadro 4.8.

Quadro 4.8 – Macronutrientes contidos no composto comercial baseado em estrume de cavalo

Macronutriente	mg L ⁻¹	% (peso)
N	125	0,023
P ₂ O ₅	225	0,042
K ₂ O	1225	0,228

De acordo com CUNHA-QUEDA (2007), este fertilizante classifica-se como um corretivo orgânico e não como adubo orgânico uma vez que os teores nos elementos referidos são inferiores a 2%. Analisou-se também a quantidade de metais pesados existentes no composto para avaliação do seu potencial como fonte de poluição do solo (Figura 4.21).

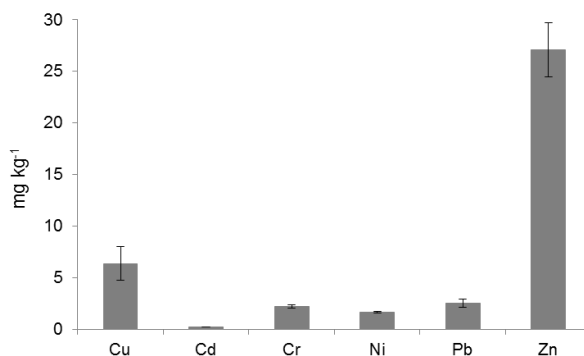


Figura 4.21 – Metais pesados medidos no composto comercial com base em estrume de cavalo

De acordo com CUNHA-QUEDA (2007), o produto testado inclui-se na classe mais baixa proposta para os fertilizantes compostos, o que significa que o fornecimento de Cu, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn associado à aplicação do produto é muito baixa, não constituindo este uma fonte destes elementos.

A fertilização orgânica baseada em compostagem é também adotada pela totalidade dos inquiridos. Tal como sucedia com o estrume, também aqui se constata a tendência geral de utilização de diferentes tipos de resíduos. Assim, embora os resíduos vegetais sejam os mais comumente utilizados para a compostagem, também há quem utilize resíduos caseiros. Esta tendência ocorre nos três locais de realização dos inquéritos. Os momentos da fertilização com resíduos da compostagem são semelhantes aos descritos na fertilização orgânica com estrume.

Verificou-se que muitos hortelãos não efetuam corretamente o processo de compostagem, por falta de conhecimento e de acompanhamento técnico. Não obtêm, deste modo, um produto com a qualidade necessária para a boa nutrição das plantas e com baixo potencial de emissões de azoto, incluindo as perdas gasosas e por lixiviação.

O exposto sugere o interesse de a CML aumentar o apoio prestado aos hortelãos relativamente às adubações e plantações. A necessidade de prestação deste tipo de serviços afigura-se relevante dado os impactos ambientais negativos e as consequências nefastas para a saúde pública que advêm das “más” práticas de rega e fertilização em particular. Os resultados da análise de macro e micronutrientes parecem revelar aplicação excessiva de adubação, com consequências a nível de salinização do solo, desequilíbrios no balanço de azoto, toxicidade para as plantas e inibição da absorção de alguns nutrientes. O mesmo parece indicar a qualidade da água da mina da Quinta da Granja, que apresenta teor em nitratos muito próximo do valor máximo admissível na legislação.

5 | Caracterização da qualidade dos solos em áreas hortícolas de Lisboa

5.1 Objetivos

A análise da qualidade dos solos das seis hortas urbanas selecionadas teve como objetivos:

- caracterizar a qualidade dos solos das hortas urbanas, através da análise das concentrações em diversos elementos referidos no Capítulo 3 |, para duas profundidades e em dois períodos distintos;
- analisar e correlacionar o grau de contaminação dos solos com a localização da horta na cidade de Lisboa, atendendo às pressões da cidade (secção 4.1), à natureza dos solos (secção 4.2) e às práticas agronómicas (secção 4.3);
- analisar eventuais diferenças encontradas entre profundidades e períodos, bem como os motivos dessas diferenças.

5.2 Metodologia adotada e parâmetros analisados

Conforme se refere no Capítulo 3 | foi possível, durante o desenvolvimento deste trabalho, complementar a informação que havia sido inicialmente prevista na vertente da qualidade dos solos. Assim, foram adotadas duas metodologias distintas e complementares a que se denominou:

- amostragem de base: duas amostras de solos por horta (dos 0 – 5 cm e dos 20 – 30 cm), recolhidas em janeiro e em junho, i.e. 24 amostras (2 amostras x 6 hortas x 2 épocas);
- amostragem complementar: três amostras de solos por horta, dos 0 – 5 cm, recolhidas em junho, i.e. 18 amostras (3 amostras x 6 hortas).

Na amostragem de base, cada amostra resultou de um conjunto de subamostras, todas recolhidas às mesmas profundidades em pontos diversificados de cada horta, e que foram posteriormente juntas para compor uma única amostra. Na amostragem complementar foram recolhidas três amostras em cada horta (onde cada amostra resultou de um conjunto de subamostras), em locais distintos, permitindo avaliar a variabilidade espacial da qualidade dos solos.

As amostras de solo foram devidamente identificadas e, posteriormente, congeladas para determinação das concentrações em diversos elementos em laboratório químico.

No Quadro 5.1 apresenta-se uma lista dos parâmetros analisados em cada um dos procedimentos de amostragem.

Quadro 5.1 – Lista de parâmetros analisados, por cada local, nos dois processos de amostragem

Parâmetro	Amostragem de base				Amostragem complementar
	Mês	Janeiro		Julho	
	Profundidade	0 – 5 cm	20 – 30 cm	0 – 5 cm	20 – 30 cm
Ag	1	1	1	1	0
Al	-	-	-	-	3
As	1	1	1	1	3
Ba	1	1	1	1	3
Be	1	1	1	1	0
Bi	-	-	-	-	3
Ca	-	-	-	-	3
Cd	1	1	1	1	3
Co	1	1	1	1	3
Cr	1	1	1	1	3
Cu	1	1	1	1	3
Fe	1	1	1	1	3
Hg	1	1	1	1	3
K	-	-	-	-	3
Li	1	1	1	1	-
Mg	-	-	-	-	3
Mn	1	1	1	1	3
Mo	1	1	1	1	3
NH ₄ ⁺	1	1	1	1	0
Ni	1	1	1	1	3
NO ₂ ⁻	1	1	1	1	0
NO ₃ ⁻	1	1	1	1	0
PO ₄ ³⁻	1	1	1	1	3
PAH	1	1	1	1	0
Pb	1	1	1	1	3
Sb	1	1	1	1	3
Se	-	-	-	-	3
Si	-	-	-	-	3
Sr	1	1	1	1	3
Ta	1	1	1	1	-
Ti	1	1	1	1	3
V	1	1	1	1	3
Zn	1	1	1	1	3
Antraceno	1	1	1	1	-
Benzo(a)antraceno	1	1	1	1	-
Benzo(a)pireno	1	1	1	1	-
Benzo(b)fluoranteno	1	1	1	1	-
Benzo(g,h,i)perileno	1	1	1	1	-
Benzo(k)fluoranteno	1	1	1	1	-
Criseno	1	1	1	1	-
Dibenz(a,h)antraceno	1	1	1	1	-
Fenantreno	1	1	1	1	-
Fluoranteno	1	1	1	1	-

Parâmetro	Amostragem de base				Amostragem complementar
	Mês	Janeiro		Julho	
Profundidade		0 – 5 cm	20 – 30 cm	0 – 5 cm	20 – 30 cm
Fluoreno		1	1	1	1
Indeno(1.2.3.cd)pireno		1	1	1	1
Naftaleno		1	1	1	1
Pireno		1	1	1	1
Soma 16 PAH		1	1	1	1

5.3 Valores de referência e critérios adotados

Em Portugal não foram estabelecidos valores de referência sobre a qualidade dos solos, i.e. valores relativos a solos não poluídos. Situação idêntica acontece a nível da União Europeia, onde está a ser preparada uma Diretiva-Quadro de Solos, estando o processo em análise há vários anos por um grupo de trabalho (http://ec.europa.eu/environment/soil/process_en.htm).

No entanto existem em Portugal valores limite de concentração de metais pesados nos solos recetores de matérias fertilizantes, em função do pH do solo, conforme apresentado no Quadro 5.2 (Quadro n.º 8, Anexo II do Decreto-Lei n.º 103/2015, de 15 de junho). Estes valores foram utilizados como referência para comparar com as concentrações obtidas nos solos analisados.

Quadro 5.2 – Valores limite de concentração de metais pesados em solos em função do seu pH (Decreto-Lei n.º 103/2015)

Elemento	Valor limite em solos (mg/kg de matéria seca)		
	5 ≤ pH < 6	6 ≤ pH < 7	pH ≥ 7
Cádmio	0,5	1	1,5
Cobre	20	50	100
Níquel	15	50	70
Chumbo	50	70	100
Zinco	60	150	200
Mercúrio	0,1	0,5	1
Crómio	30	60	100

Nos casos dos parâmetros sem valor definido no Decreto-Lei n.º 103/2015 (i.e. não referidos no Quadro 5.2) foram utilizados os valores de referência habitualmente mais consultados: a legislação do Canadá (legislação esta que foi em tempos adotada pelo Instituto dos Resíduos em Portugal), e a legislação Holandesa (cf. Quadro 5.3). A legislação do Canadá foi considerada a mais adequada para este fim, uma vez que os valores padrão (standard) são definidos em função do uso do solo (agricultura, industrial e residencial). Assim, a tabela utilizada corresponde aos valores da "Table 6: Generic Site Condition Standards for Shallow Soils in a Potable Ground Water Condition: soil standards for agricultural or other property use". Os valores Holandeses de referência (http://www.esdat.com.au/Environmental%20Standards/Dutch/annexS_I2000Dutch%20Environmental%20Standards.pdf) são apresentados na última coluna do Quadro 5.3, estando entre parêntesis os valores de intervenção (i.e. valores a partir dos quais é necessário proceder à reabilitação dos solos).

Quadro 5.3 – Valores de referência em solos para os parâmetros analisados neste estudo e que apresentaram valores acima do limite de quantificação (mg/kg)

Elemento	Decreto-Lei n.º 103/2015	Legislação Canadiana uso agrícola (<i>Table 6</i>)	Legislação Holandesa valor referência (valor intervenção)
Al	n.d.	n.d.	n.d.
As	n.d.	11	29 (55)
Ba	n.d.	390	160 (625)
Be	n.d.	5	(30*)
Cd	0,5 – 1,5	1	0,8 (12)
Co	n.d.	22	9 (240)
Cr	30 - 100	160	100 (380)
Cu	20 - 100	180	36 (190)
Fe	n.d.	n.d.	n.d.
Mn	n.d.	n.d.	n.d.
Mo	n.d.	6,9	3 (200)
Ni	15 - 70	130	35 (210)
PAH	n.d.	n.d.	1 (40)
Pb	50 - 100	45	85 (530)
Sb	n.d.	7,5	3 (15)
Se	n.d.	2,4	(100*)
Si	n.d.	n.d.	n.d.
Sr	n.d.	n.d.	n.d.
Ti	n.d.	n.d.	n.d.
V	n.d.	86	(250*)
Zn	60 - 200	340	140 (720)
Antraceno	n.d.	0,74	n.d.
Benzo(a)antraceno	n.d.	0,63	n.d.
Benzo(a)pireno	n.d.	0,078	n.d.
Benzo(b)fluoranteno	n.d.	0,78	n.d.
Benzo(g,h,i)perileno	n.d.	7,8	n.d.
Benzo(k)fluoranteno	n.d.	0,78	n.d.
Criseno	n.d.	7,8	n.d.
Dibenz(a,h)antraceno	n.d.	0,1	n.d.
Fenantreno	n.d.	7,8	n.d.
Fluoranteno	n.d.	0,69	n.d.
Indeno(1.2.3.cd)pireno	n.d.	0,48	n.d.
Pireno	n.d.	78	n.d.
Soma 16 PAH	n.d.	n.d.	(40, para 10 PAH)

Nota: n.d. – não definido

A análise do Quadro 5.3 permite constatar a elevada variação entre os valores definidos pelos diferentes países, havendo o caso português em que os valores dependem do pH do solo (um dos fatores principais que condiciona a mobilidade nos solos e o potencial de lixiviação para as águas subterrâneas dos metais pesados), o caso do Canadá cujos valores são definidos em função dos usos do solo (no Quadro 5.3 apenas são apresentados os valores relativos ao uso agrícola) e a legislação holandesa que apenas tem o valor de referência e de intervenção.

Para este estudo foi adotada a legislação Portuguesa como referência de base. Assim, para os elementos definidos no Quadro 5.2, as respetivas figuras, apresentadas na secção 5.4, mostram na legenda os valores: (1) a verde, para as concentrações abaixo do respetivo valor limite definido para o $5 \leq \text{pH} < 6$; (2) a amarelo, para as concentrações entre aquele valor e o valor limite da concentração para solos com $\text{pH} \geq 7$; e (3) a vermelho, para os valores acima do limite de concentração para os solos com $\text{pH} \geq 7$. Nos casos em que não há valores definidos na legislação Portuguesa, apenas se utilizou duas escalas: verde para concentrações abaixo do limite definido na legislação do Canadá para o solo agrícola (segunda coluna do Quadro 5.3) e encarnado para valores acima deste. A terceira coluna do referido quadro permite ter uma ideia comparativa de valores e será utilizada na análise da secção seguinte.

5.4 Resultados obtidos

5.4.1 Análise geral

No Anexo III apresentam-se os resultados obtidos para os solos, recolhidos pelo processo de amostragem de base, i.e. duas amostras de solos por horta (dos 0 – 5 cm e dos 20 – 30 cm), recolhidas em janeiro e em junho, perfazendo 24 amostras (2 amostras x 6 hortas x 2 épocas).

Na Figura 5.1 apresentam-se os resultados obtidos para um conjunto de metais pesados analisados. Na Figura 5.2 apresentam-se os restantes resultados.

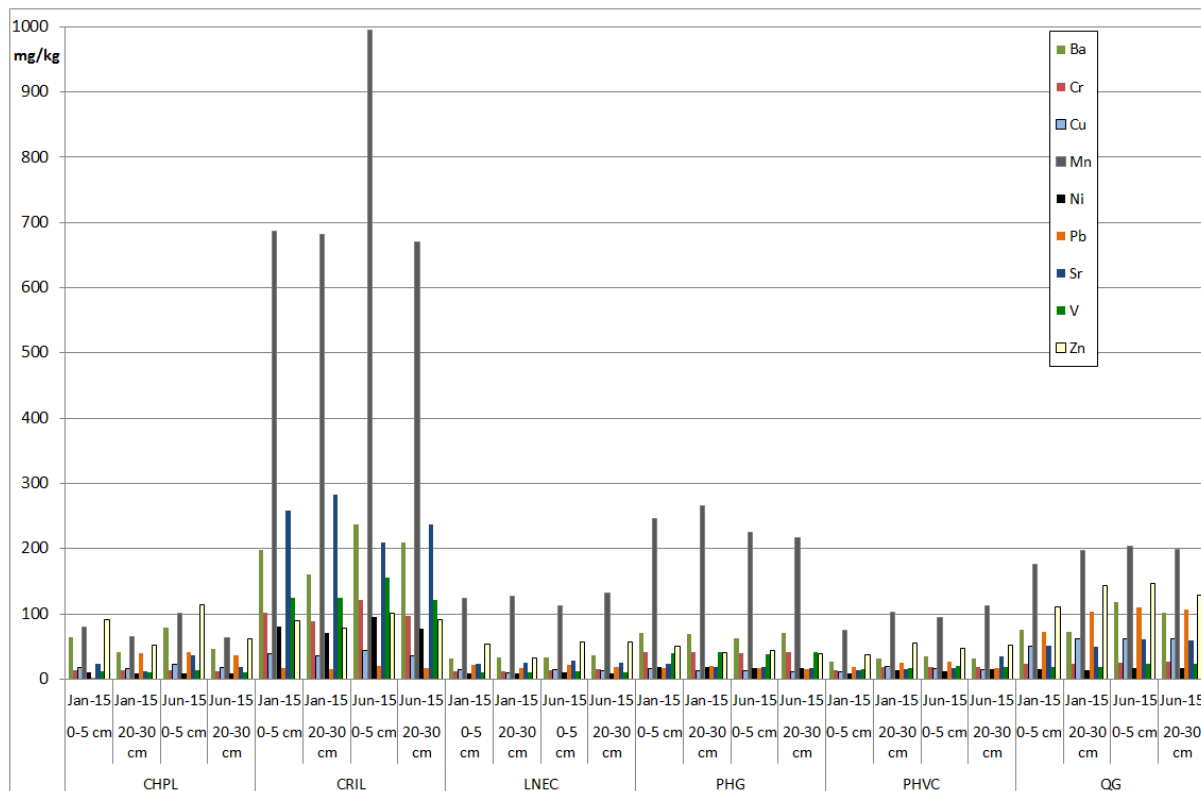


Figura 5.1 – Concentração em metais pesados nos solos das seis hortas urbanas estudadas, amostragem de base

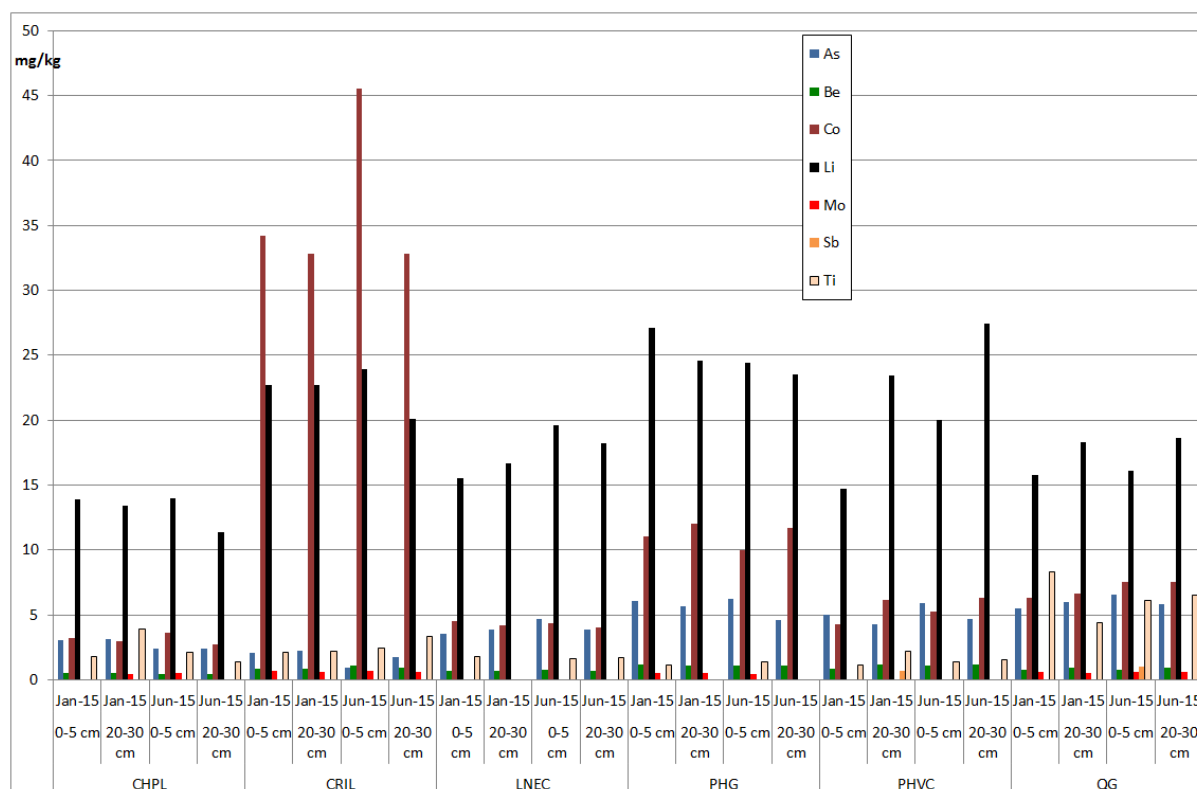


Figura 5.2 – Concentração em metais nos solos das seis hortas urbanas estudadas, amostragem de base

Os resultados da amostragem complementar foram obtidos, como já atrás referido, durante a *Short Term Scientific Mission* realizada pelo Eng. Hugo Costa ao IFFSTAR, em Nantes, entre 22 de junho e 13 de julho de 2015, no âmbito da Ação COST 1201 onde o LNEC participa.

No Anexo IV apresentam-se os resultados obtidos. Conforme referido na secção 5.2, nesta amostragem complementar foram recolhidas três amostras em cada local, designadas por "1, 2 e 3" ou, no caso das amostras do LNEC utilizando as iniciais dos hortelãos.

A análise do Anexo IV permite observar que a concentração de Cd, Hg e Sb se encontra abaixo dos respetivos limites de deteção utilizados. Na análise de CRUZ *et al.* (2014) aos solos usados em agricultura urbana em Portugal, confirma-se que os teores de Cd nesses locais são usualmente muito baixos.

A Figura 5.3 apresenta uma síntese dos resultados obtidos para um conjunto de metais pesados, utilizando o valor médio das subamostras de cada local (e.g. foi usado o valor médio das três amostras referidas por amostra PHG 1).

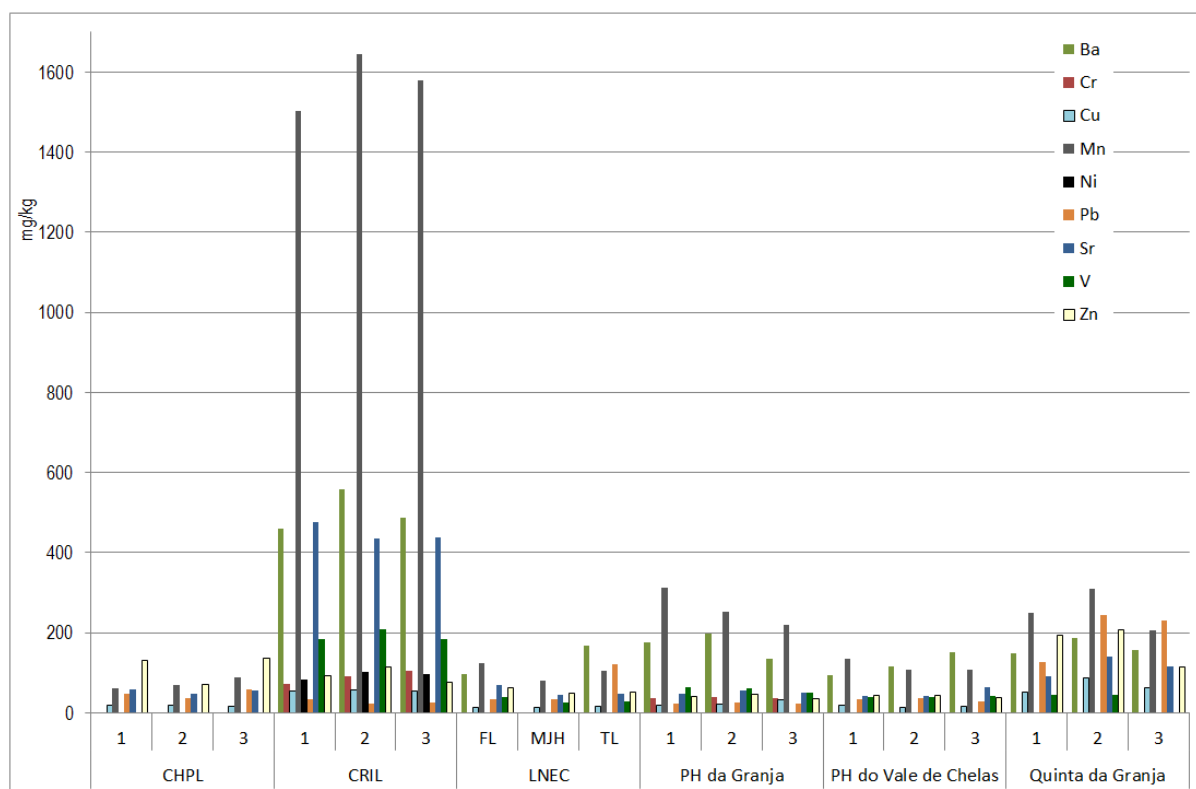


Figura 5.3 – Concentração em metais pesados nos solos (0-5 cm) das seis hortas urbanas estudadas, amostragem complementar

A análise da Figura 5.1 à Figura 5.3 permite observar o seguinte:

- As amostras de solo da horta da CRIL são as que apresentam concentrações mais elevadas para a maioria dos metais pesados: Mn, Ba, Sr, V, Cr, Ni e Co.
- São exceção ao referido no ponto anterior, as concentrações em Zn, Cu e em Pb, cujos valores mais elevados são encontrados na Quinta da Granja (houve um caso do Pb elevado na amostra TL do LNEC, Figura 5.3, mas que não foi confirmado na amostragem de base).
- No seio de cada horta, dentro da mesma profundidade, as concentrações em metais pesados (medidas em duas épocas, Figura 5.1 e Figura 5.2, ou medidas em três locais diferentes, Figura 5.3), são semelhantes, dentro da natural heterogeneidade esperada.
- No seio de cada horta, entre profundidades diferentes (cf. Figura 5.1 e Figura 5.2), as concentrações em metais pesados são semelhantes. Resultados idênticos foram obtidos por HURSTHOUSE *et al.* (2004) num levantamento da qualidade dos solos em cidades europeias. Este facto poderá ser o resultado de uma homogeneização da qualidade dos solos até à profundidade usualmente lavrada, aspeto confirmado no inquérito referido na secção 4.3.1.
- Existem diversos elementos cuja concentração no solo está acima do respetivo valor limite (Quadro 5.2 e Quadro 5.3), Ba, Pb, Cr, Ni, V, Zn, em especial para amostras de solos da CRIL e da Quinta da Granja. Nas restantes áreas apenas é excedida a concentração em chumbo numa das três amostras do LNEC, mas que não foi confirmada.

- A origem das concentrações mais elevadas em metais pesados na CRIL poderá ter origem no tipo de rocha-mãe e na sua localização junto à CRIL, embora a barreira acústica possa estar a funcionar como barreira à dispersão dos gases da circulação rodoviária e impedir *splash* direto das águas de escorrência da estrada.

Apresenta-se seguidamente uma análise mais detalhada para alguns elementos, com base no conjunto de todas as análises de solos (amostragem de base e complementar).

5.4.2 Bário

A Figura 5.4 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração de bário nos solos analisados. O Ba é um elemento que não é referido no Decreto-Lei 276/2009, pelo que se usou o valor de referência, de 390 mg/kg, referido na legislação Canadiana para uso agrícola (cf. Quadro 5.3). A concentração em Ba é superior a 100 mg/kg na maioria dos solos analisados e ultrapassa o valor de referência para uso agrícola em muitas das amostras da CRIL.

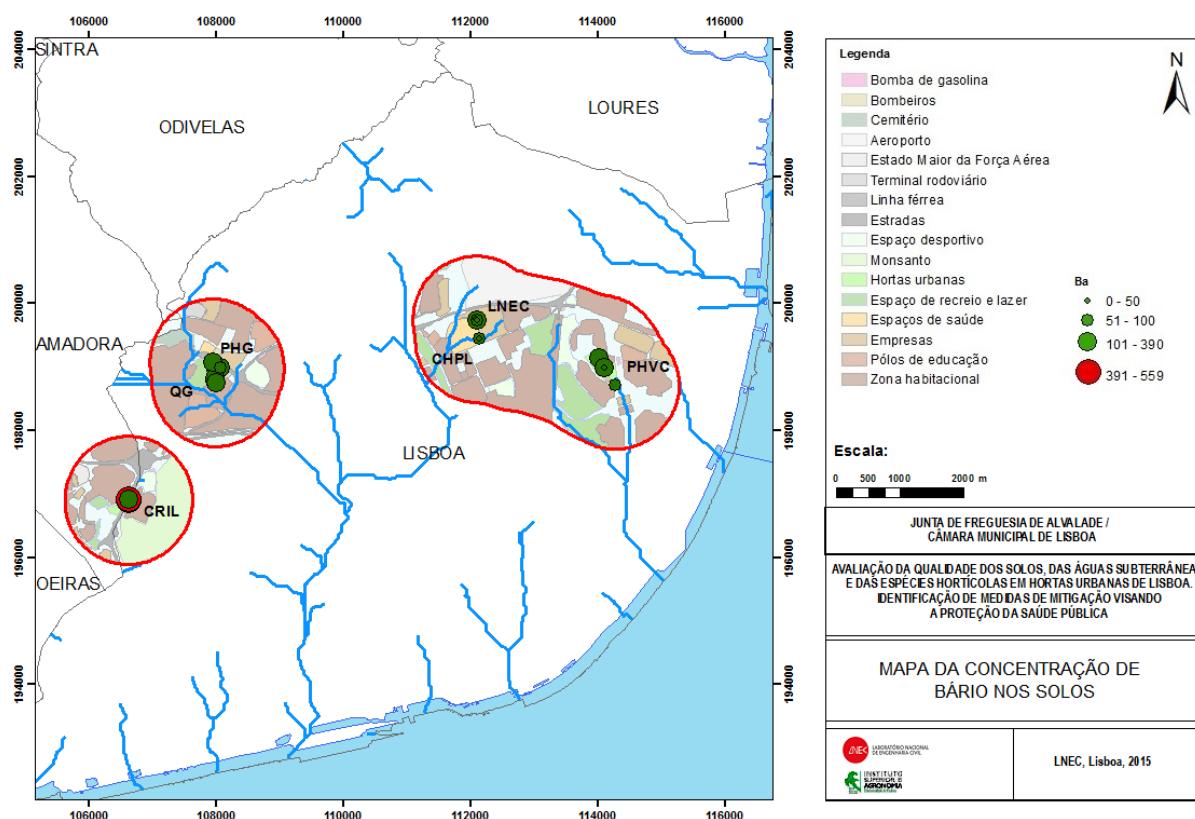


Figura 5.4 – Mapa da concentração de bário nos solos (mg/kg)

A presença de bário pode ter origem natural (valores entre 330 e 400 mg/kg e superiores são referidos para solos de basaltos e afins) ou pode ter origem na emissão para a atmosfera proveniente principalmente de processos industriais envolvidos no fabrico de peças e acessórios para veículos, na mineração e produção de produtos químicos à base de bário, e como um resultado da combustão do carvão e do óleo. Os resultados apresentados na Figura 4.19 mostram que a deposição atmosférica

contém bário (valores máximo de 0,26 mg/L na CRIL, embora o CHPL possa ter valores igualmente elevados pois a amostra foi diluída em 1 L), podendo haver acumulação nos solos.

De facto, o bário é um elemento pouco móvel, uma vez que facilmente precipita como sulfato ou carbonato, sendo facilmente retido pelas argilas absorvido em óxidos e hidróxidos de ferro (KABATA-PENDIAS, 2001). Nesse contexto observam-se concentrações muito superiores nos solos quando comparadas com a ordem de grandeza dos teores de bário encontrados nas águas intersticiais (valores até 0,119 mg/L no LNEC, embora só tenham sido analisadas as águas do LNEC e PHG, Figura 6.1).

5.4.3 Chumbo

A Figura 5.5 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração de chumbo nos solos analisados. O valor limite (100 mg/kg), indicado no Decreto-Lei 103/2015 para solos com $\text{pH} \geq 7$, (caso de todos os solos analisados) foi excedido em sete das 32 amostras de solos analisadas. Assinalados a amarelo estão as concentrações que excedem o valor limite para solos com $5 \leq \text{pH} < 6$ (50 mg/kg).

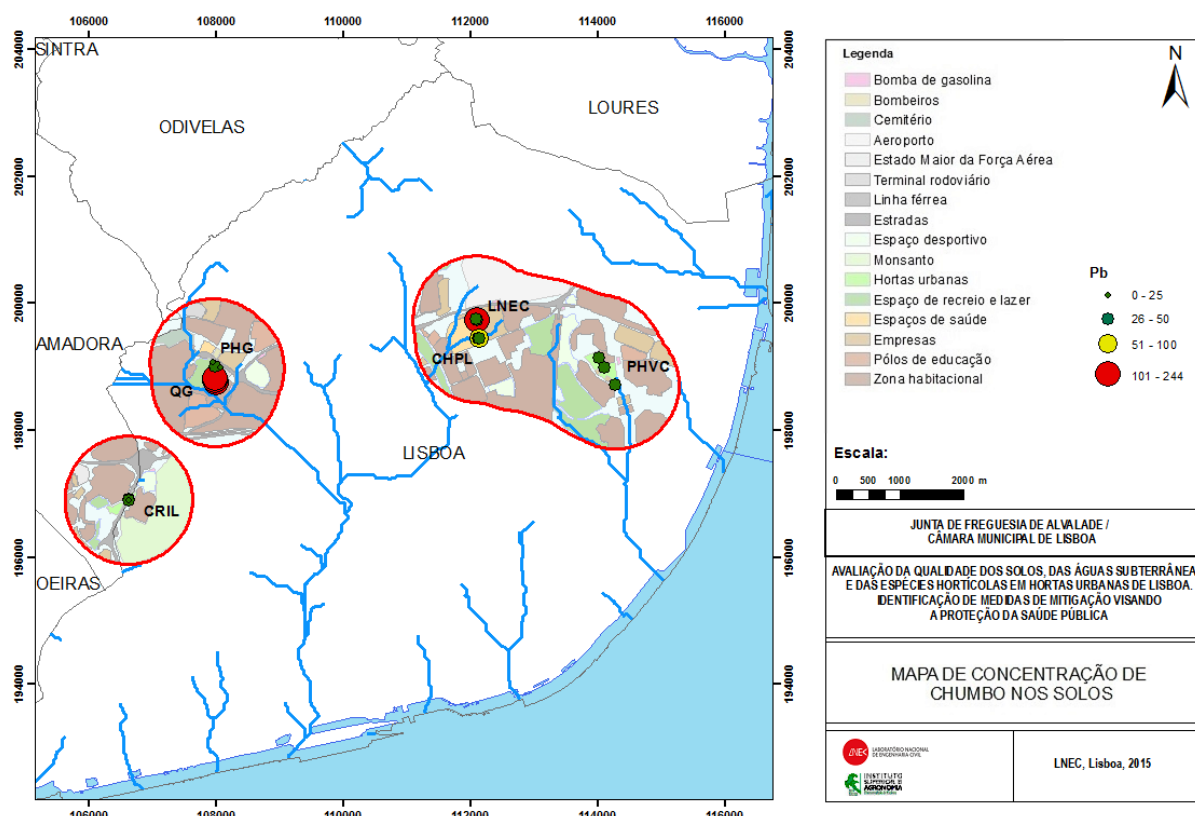


Figura 5.5 – Mapa da concentração de chumbo nos solos (mg/kg)

Os valores mais elevados (> 100 mg/kg) observam-se quase todos na Quinta da Granja, embora também tenha havido uma amostra do LNEC, não confirmada em análises posteriores. Atendendo a que o chumbo é, essencialmente, utilizado nos lubrificantes e nos travões, desde que foi banido da

gasolina no final do século passado, é possível que a sua presença em concentrações mais elevadas na Quinta da Granja, uma das hortas mais antigas, se deva à proximidade com as estradas que envolvem o local (cf. Figura 4.16). É possível também que uma parte do chumbo existente no solo se deva à acumulação durante o largo período do século XX em que era usado como aditivo na gasolina, tendo a incorporação no solo sido feita pelas próprias práticas da lavoura. Esta análise é corroborada pela presença de zinco (cf. secção 5.4.8) e de cobre (cf. secção 5.4.4) nos solos deste local, que são os outros dois elementos mais ligados a este tipo de poluição (cf. LEITÃO *et al.*, 2008).

A atual qualidade das águas de deposição atmosférica apresenta valores relativamente baixos em Pb (com o valor máximo de 0,03 mg/L na CRIL, cf. Figura 4.19), embora, a título de exemplo, o valor de referência do Canadá de 0,01 mg/L (cf. Quadro 6.1). Observa-se a sua acumulação nos solos (Figura 5.1) devido a um muito baixo potencial de lixiviação para as águas intersticiais, que não apresentaram Pb. Atendendo a que o pH de todos os locais é superior a 6 é natural que o Pb possa estar adsorvido pelos minerais de argila ou ligar-se aos fosfatos, sulfatos, carbonatos, hidróxidos ou à matéria orgânica.

No caso do LNEC, surge apenas numa das parcelas e não foi confirmado em análises posteriores. Os teores de Pb encontrados nos solos destas hortas encontram-se dentro ou abaixo dos intervalos relatados em outros estudos sobre a contaminação de solos urbanos (CRUZ *et al.* 2014) e sobre contaminação de parques e hortas urbanas na Europa, com valores médios entre 150 e 971 mg/kg (HURSTHOUSE *et al.*, 2004).

5.4.4 Cobre

A Figura 5.6 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração de cobre nos solos analisados. Em nenhum solo foi ultrapassado o valor limite (100 mg/kg) indicado no Decreto-Lei 103/2015 para solos com $\text{pH} \geq 7,0$ (caso de todos os solos analisados). Assinalados a amarelo estão as concentrações que excedem o valor limite (20 mg/kg) para solos com $5 \leq \text{pH} < 6$.

Os valores mais elevados (> 50 mg/kg) observam-se na Quinta da Granja e na CRIL. O cobre é um metal que podem ter origem no desgaste dos travões dos veículos e que também pode ser encontrado em pesticidas, mas que, para o caso dos solos da CRIL, pode ter origem natural resultante do tipo de solo (cf. Quadro 4.2). A concentração média de Cu em fertilizantes é de 56,6 mg/kg, podendo variar entre 0,2 e 1170 mg/kg (valores da EPA, cf. KABATA-PENDIAS, 2001). As análises efetuadas à qualidade da água de deposição atmosférica permitiram constatar que os teores de Cu são baixos (valores máximo de 0,032 mg/L na CRIL, cf. Figura 4.19), sendo o valor de referência do Canadá de 0,087 mg/L (cf. Quadro 6.1). Um estudo sobre contaminação de parques e hortas urbanas na Europa apresentou valores médios de Cu entre 73 e 140 mg/kg (HURSTHOUSE *et al.*, 2004).

O Cu pode ser retido no solo através de mecanismos de trocas e de adsorção, contudo possui uma grande afinidade para com os ligantes orgânicos solúveis e, neste caso, a formação destes complexos aumenta a sua mobilidade nos solos. Verifica-se, assim, a sua acumulação no solo (Figura 5.1), mas também a sua lixiviação para as águas subterrâneas (Figura 6.1).

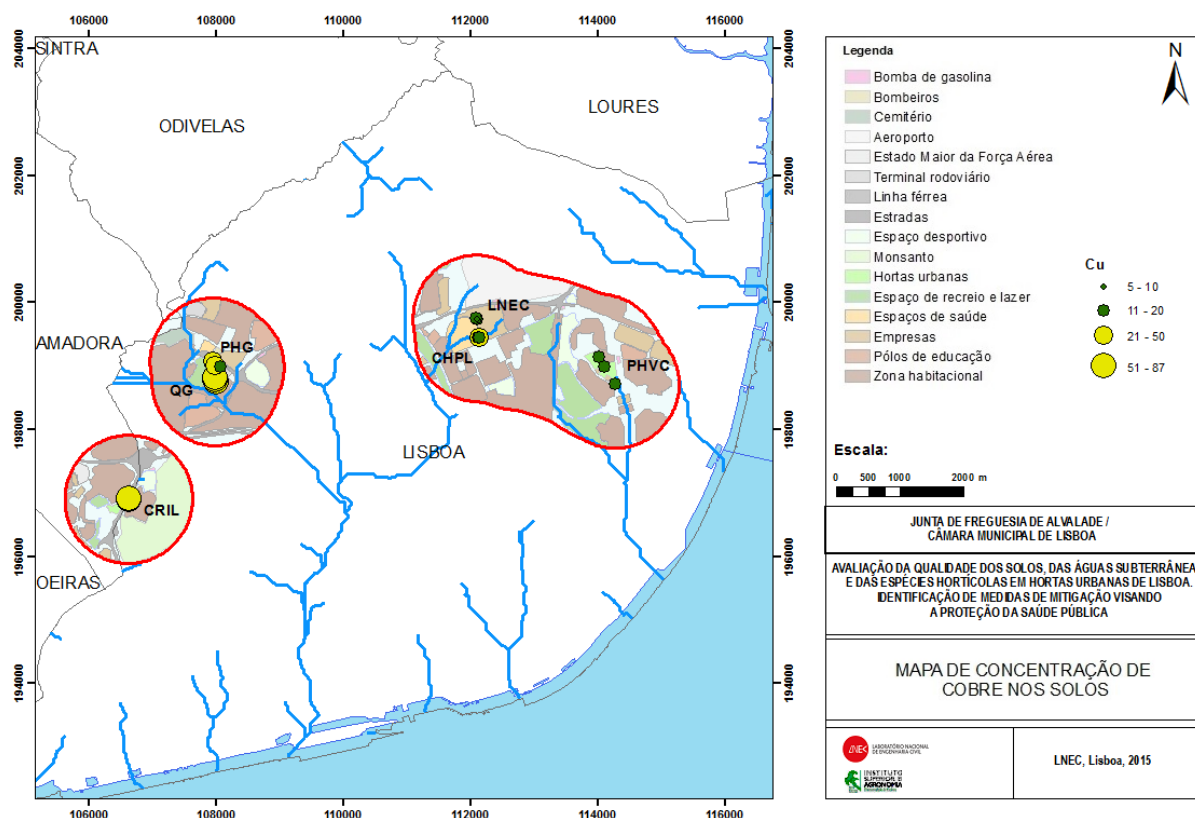


Figura 5.6 – Mapa da concentração de cobre nos solos (mg/kg)

5.4.5 Crómio

A Figura 5.7 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração de crómio nos solos analisados. Apenas em três amostras de solo foi ultrapassado o valor limite (100 mg/kg) indicado no Decreto-Lei 103/2015 para solos com $\text{pH} \geq 7,0$ (caso de todos os solos analisados). Assinalados a amarelo estão as concentrações que excedem o valor limite (30 mg/kg) para solos com $5 \leq \text{pH} < 6$. Segundo SHANKER *et al.* (2005), os valores normais de Cr nos solos são muito variáveis de acordo com o tipo de solo podendo variar entre 5 e 1000 (ou mais) mg/kg.

Os valores mais elevados de Cr (> 100 mg/kg) observam-se apenas na CRIL. A sua origem poderá dever-se ao tipo de solo (cf. Quadro 4.2). O crómio é um metal que pode ter origem no desgaste dos travões dos veículos, nas borrachas dos pneus e que pode também ser libertado para o ambiente através dos lubrificantes. Contudo, a sua concentração nas áreas junto a estradas é bastante baixa quando comparada com o Zn, Pb e Cu. A concentração média de Cr em fertilizantes é de 173,2 mg/kg, podendo variar entre 63 e 896 mg/kg (valores da EPA, cf. KABATA-PENDIAS, 2001).

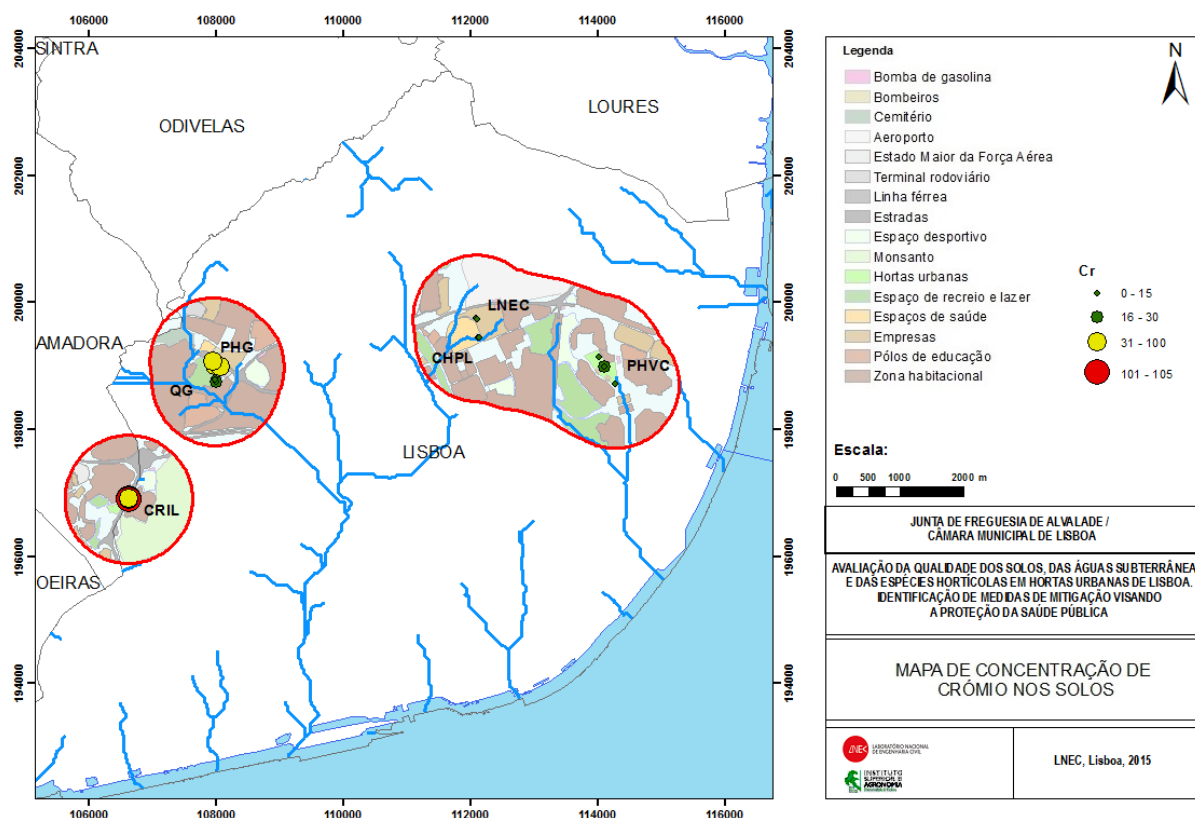


Figura 5.7 – Mapa da concentração de crómio nos solos (mg/kg)

Contudo, a concentração em Cr na deposição atmosférica foi muito baixa (valores máximo de 0,0071 mg/L na CRIL, cf. Figura 4.19), sendo o valor de referência do Canadá de 0,05 mg/L (cf. Quadro 6.1). Foi nos solos onde se verificou a sua acumulação. Um estudo sobre contaminação de parques e hortas urbanas na Europa apresentou valores médios de Cr entre 40 e 229 mg/kg (HURSTHOUSE *et al.*, 2004). O Cr tem dois estados de oxidação nos solos: Cr(III) e Cr(VI), sendo este último mais tóxico; relativamente ao Cr(VI), a sua adsorção pelo solo está limitada aos locais de troca com carga positiva, que diminuem com o aumento do pH; este é o único metal móvel em solos alcalinos; a sua retenção está relacionada com os óxidos de Fe e Mn e com o pH; o Cr(III) é adsorvido pelo solo quando o valor de pH é superior a 5; a precipitação das espécies hidróxidos de Cr(III) ocorre quando o pH atinge 5,5.

5.4.6 Níquel

A Figura 5.8 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração de níquel nos solos analisados. O único local com valores acima do limite definido no DL n.º 103/2015 foi a CRIL, com valores entre 70,2 e 102 mg/kg. Estes valores encontram-se acima do valor definido para solos com pH acima de 7, de 70 mg/kg (cf. Quadro 5.2), correspondente aos solos analisados.

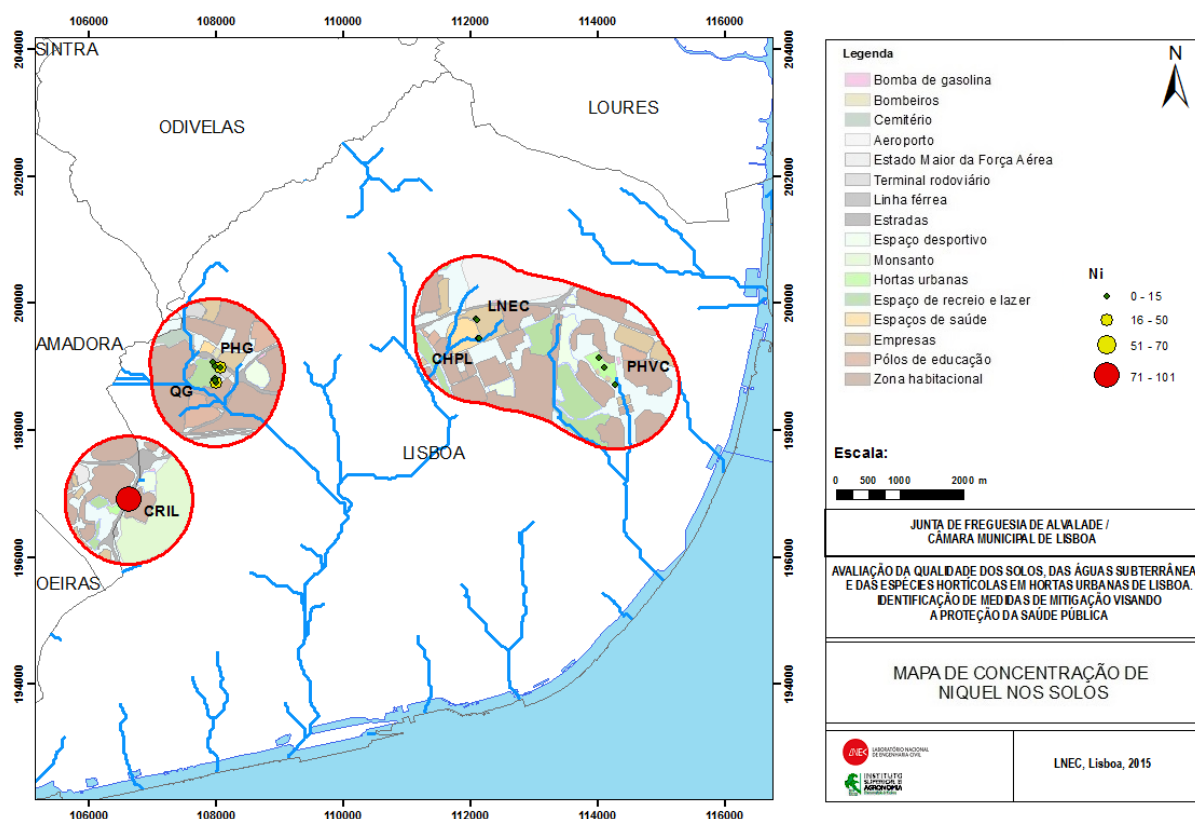


Figura 5.8 – Mapa da concentração de níquel nos solos (mg/kg)

A origem do Ni poderá estar, uma vez mais, associada à origem do solo na área da CRIL localizada numa área de basaltos. De facto, no Quadro 4.2 os valores referidos para os solos com rocha-mãe basáltica situam-se em torno dos 150 mg/kg. Este facto tornaria pouco razoável haver um valor limite superior à concentração natural. Acresce que a concentração média de Ni em fertilizantes é de 27,5 mg/kg, podendo variar entre 0,5 e 151 mg/kg (valores da EPA, cf. Kabata-Pendias, 2001). A presença de Ni nas águas de deposição atmosférica foi baixa (valores máximo de 0,035 mg/L na CRIL, cf. Figura 4.19), sendo o valor de referência do Canadá de 0,01 mg/L (cf. Quadro 6.1).

O Ni é um metal bastante móvel, embora possam ocorrer processos de adsorção em presença de matéria orgânica, pelo que, além de aparecer nos solos (Figura 5.1), também foi encontrado nas águas da zona vadosa analisadas (Figura 6.1). A dinâmica deste metal, aliás como acontece para a maioria dos metais pesados, está dependente do pH do meio, sendo a sua maior mobilidade encontrada para valores de pH baixo, não encontrados nas áreas de estudo.

5.4.7 Vanádio

A Figura 5.9 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração de vanádio nos solos analisados. O vanádio é um elemento que não é referido no Decreto-Lei 103/2015, pelo que se usou o valor de referência, de 86 mg/kg, referido na legislação Canadiana para uso agrícola (cf. Quadro 5.3). Este valor foi ultrapassado em todas as amostras da CRIL, seguido dos valores da QG, sendo muito equivalente em todos os restantes locais analisados (cf. Figura 5.3).

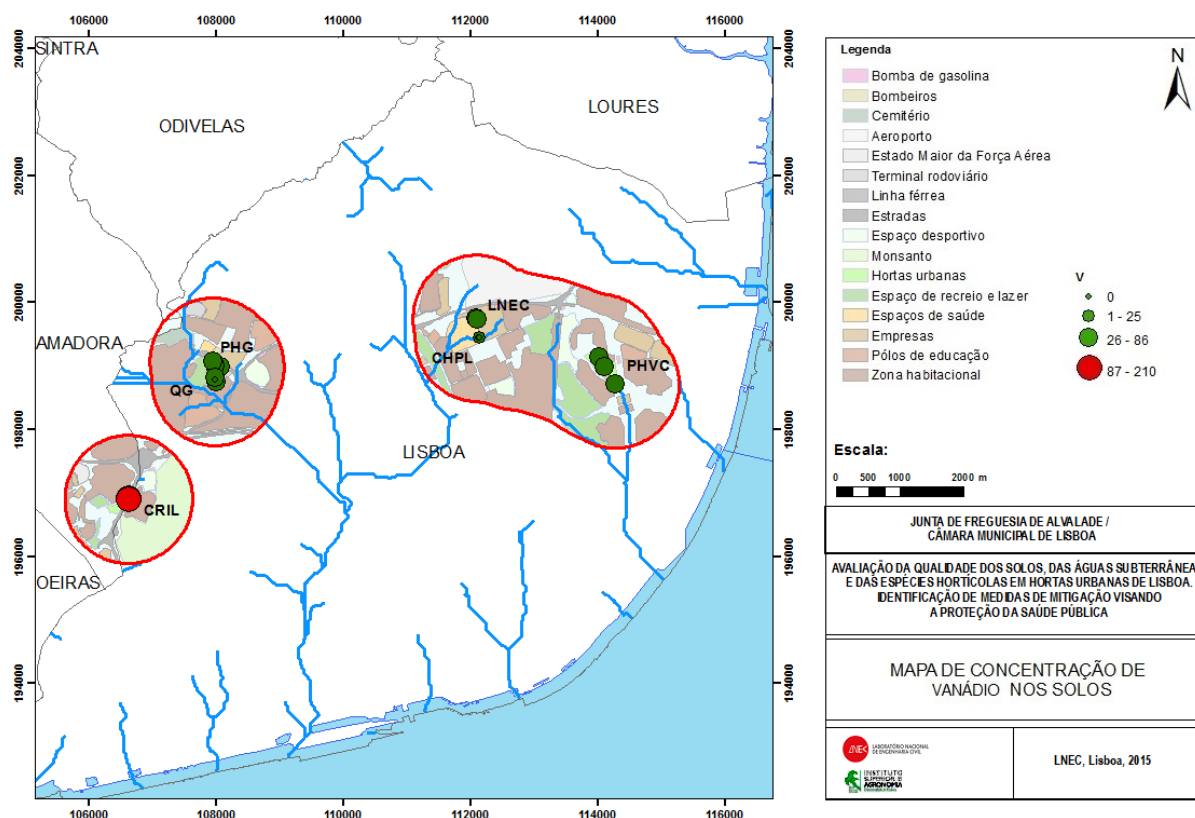


Figura 5.9 – Mapa da concentração de vanádio nos solos (mg/kg)

A principal origem antropogénica do vanádio está associada a componente de ligas no fabrico de motores de aviões a jato e é também um significativo inibidor de corrosão de motores. As rochas máficas e sedimentares argilosas apresentam concentrações de V até 250 mg/kg e 45 mg/kg, respetivamente. Julga-se que a principal origem deste elemento é proveniente da rocha-mãe. Não se observou V nas águas da zona vadosa e os seus teores na água de deposição são muito baixos.

5.4.8 Zinco

A Figura 5.10 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração de zinco nos solos analisados. Apenas numa das sete amostras da QG foi ultrapassado o valor limite (200 mg/kg) indicado no Decreto-Lei 103/2015 para solos com $\text{pH} \geq 7,0$. Assinalados a amarelo estão as concentrações que excedem o valor limite (60 mg/kg) para solos com $5 \leq \text{pH} < 6$.

O Zn apresenta os valores mais elevados nos solos da Quinta da Granja. Atendendo a que as suas concentrações naturais não deverão exceder os 20 a 30 mg/kg (cf. Quadro 4.2) e ao facto de nesses solos haver também contaminação com Pb e Cu, crê-se que a sua origem será poluição rodoviária. De facto, o zinco é empregue como aditivo de lubrificantes, nas vedações, e nas vias laterais de segurança. É, também, um elemento emitido pelo desgaste dos pneus e pelos travões dos veículos, podendo ser ainda encontrados vestígios deste elemento em pesticidas. Os valores de Zn encontram-se dentro ou abaixo dos valores obtidos em outros trabalhos realizados sobre solos em

zonas urbanas de Portugal (CRUZ *et al.*, 2014) e sobre contaminação de parques e hortas urbanas na Europa, com valores médios entre 138 e 364 mg/kg (HURSTHOUSE *et al.*, 2004).

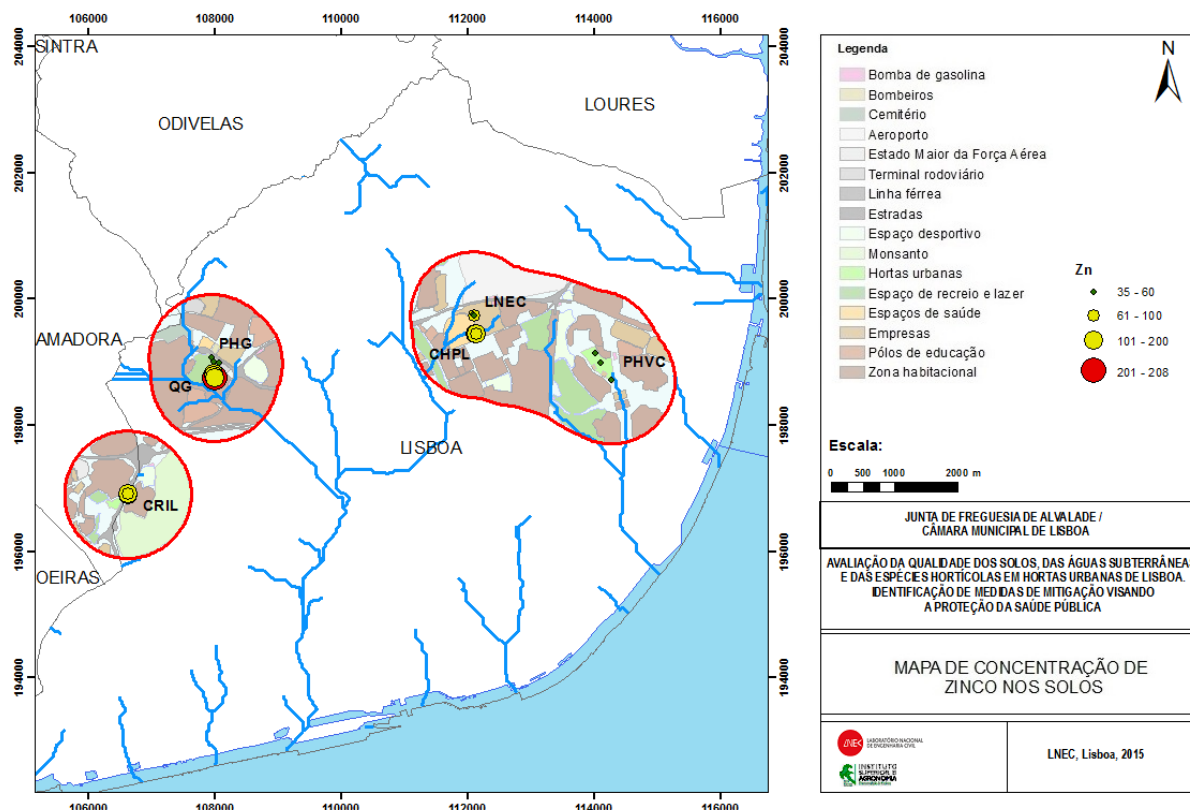


Figura 5.10 – Mapa da concentração de zinco nos solos (mg/kg)

As análises efetuadas à qualidade da água de deposição mostram a presença deste elemento, em especial na CRIL.

O Zn tem tendência para ser adsorvido pelos minerais de argilas, carbonatos e óxidos de Fe e Mn, mas também pelos sólidos em suspensão na água, ficando neste caso em solução. Devido à sua elevada solubilidade, a precipitação não é um mecanismo importante na sua retenção; a sua hidrólise ocorre quando o pH atinge o valor de 7,7 e estas espécies são fortemente adsorvidas ao solo. De facto o Zn surge em maiores proporções no solo do que nas águas da zona vadosa.

5.4.9 Outros metais (estrôncio, ferro)

Há um conjunto de elementos que foram analisados, mas que não são referidos em nenhuma das legislações analisadas atendendo a que habitualmente não causam problemas de qualidade.

A Figura 5.11 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração de estrôncio nos solos analisados. A sua concentração é superior a 150 mg/kg apenas nas amostras da CRIL.

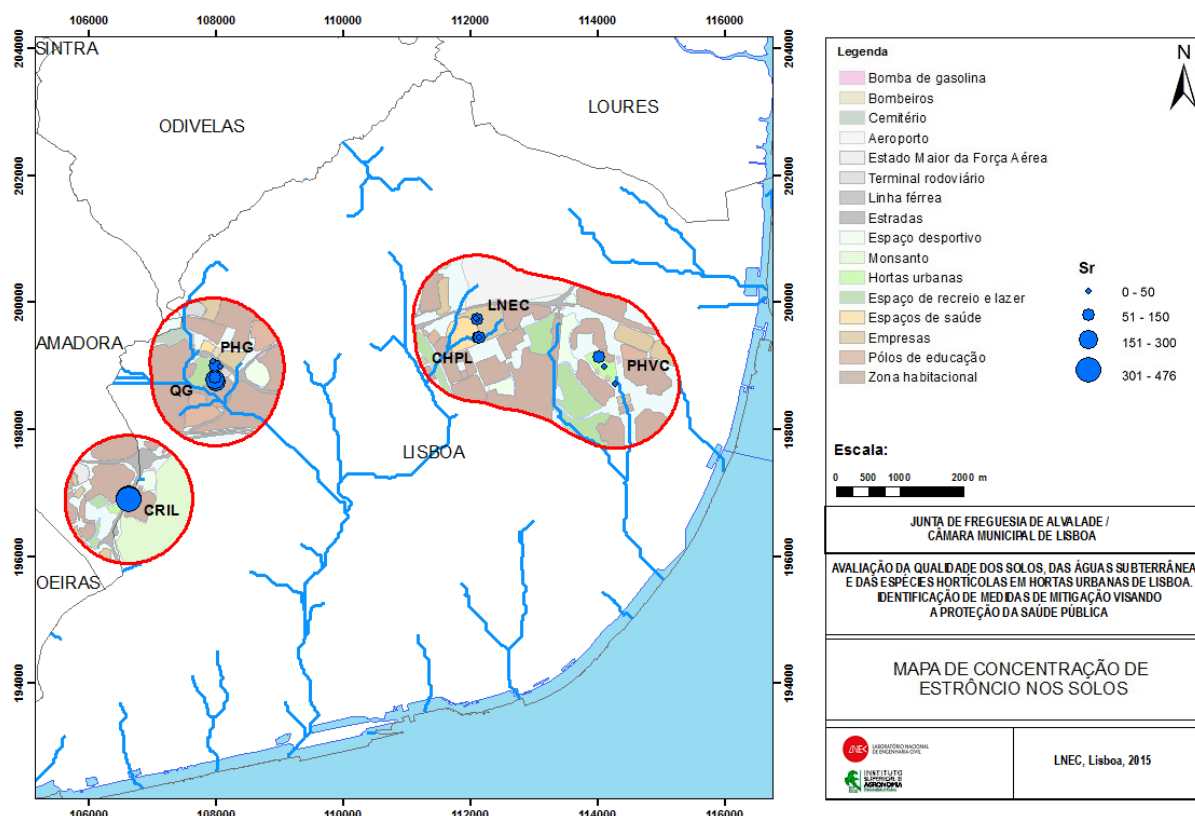


Figura 5.11 – Mapa da concentração de estrôncio nos solos (mg/kg)

As origens antropogénicas de Sr incluem resíduos de refinarias, cinzas de carvão e resíduos de incineradores nucleares, nenhuma delas é encontrada nas seis áreas de estudo. Atendendo a que o estrôncio é um elemento relativamente comum na crosta da Terra, em especial em rochas basálticas e no calcário, com concentrações entre 260 e 370 mg/kg (KABATA-PENDIAS, 2001), a sua origem na CRIL é atribuída à rocha-mãe.

O Sr é um elemento semelhante ao cálcio e que apresenta comportamento idêntico, sendo mobilizado em ambientes oxidantes e ácidos (os locais de estudo apresentam solos básicos) através da sua absorção nos minerais de argila e na matéria orgânica.

A Figura 5.12 apresenta uma projeção dos resultados obtidos para a concentração de ferro nos solos analisados. A sua concentração é superior a 50 g/kg nas amostras da CRIL. Como se pode verificar, este elemento apresenta concentrações de uma ordem de grandeza mil vezes superiores aos restantes elementos analisados, o que não é de surpreender atendendo a que é um dos maiores constituintes da litosfera. A sua análise deve-se à importância que pode ter na mobilização de metais pesados através da associação a complexos de óxidos e de hidróxidos de ferro.

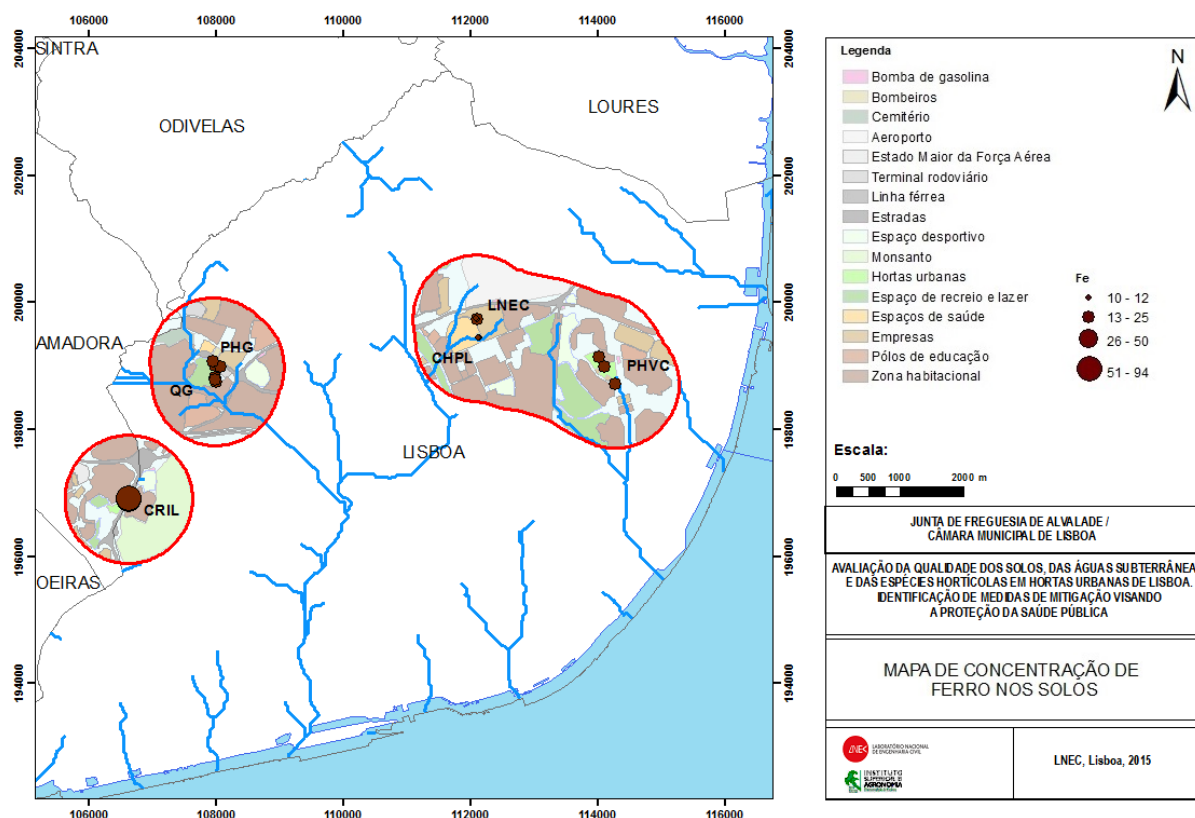


Figura 5.12 – Mapa da concentração de ferro nos solos (g/kg)

5.4.10 Hidrocarbonetos

A Figura 5.13 apresenta uma síntese dos resultados obtidos para as concentrações em diversos hidrocarbonetos nos solos. Além dos elementos apresentados foram ainda analisados o naftaleno e o fluoreno, cujos valores se encontravam abaixo dos respetivos limites de deteção em todas as amostras de solos (cf. Anexo III).

A Figura 5.13 visa evidenciar os hidrocarbonetos encontrados nos solos amostrados e compará-los com os valores de referência apresentados no Quadro 5.3. O resultado dessa comparação permite concluir que os valores de concentração de hidrocarbonetos em solos apenas foram ultrapassados para o benzo(a)pireno, em duas amostras, ambas da Quinta da Granja (0,093 e 0,124 mg/kg, acima do valor de referência do Canadá de 0,078 mg/kg, cf. Quadro 5.3).

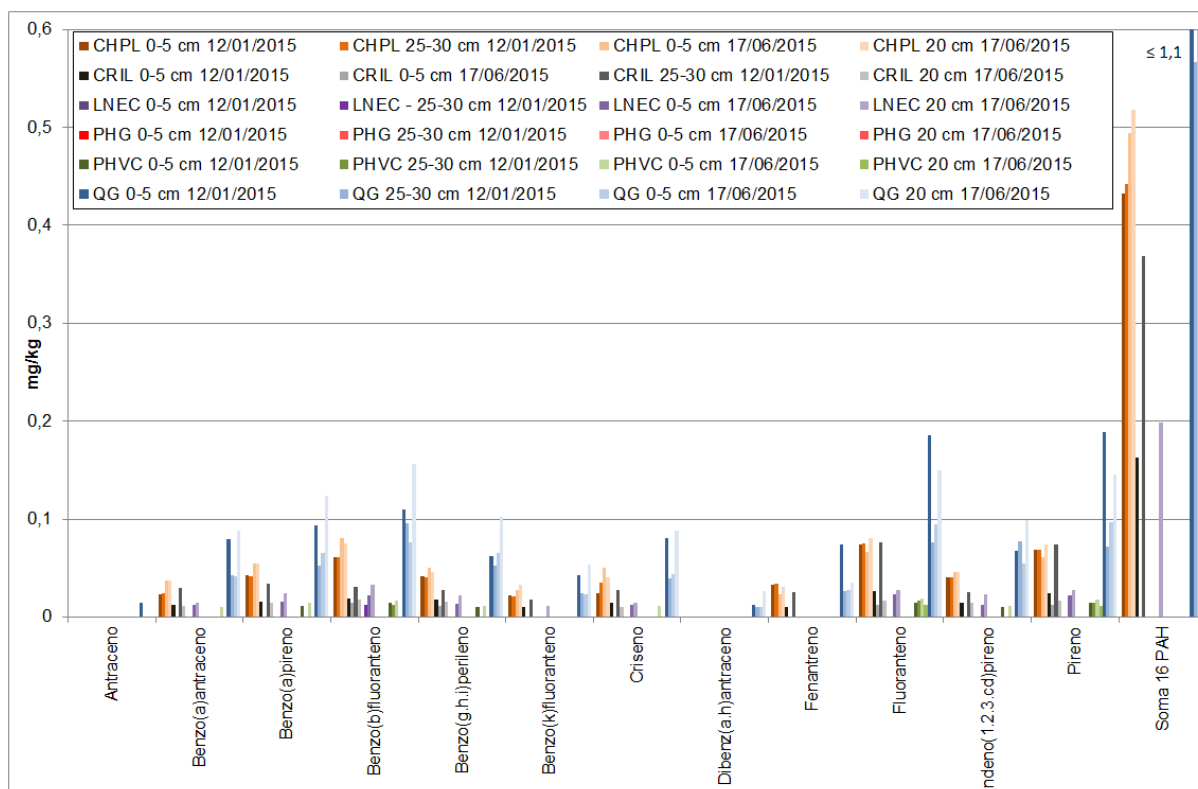


Figura 5.13 – Mapa da concentração de hidrocarbonetos nos solos (mg/kg)

A Figura 5.14 apresenta os mesmos dados, estruturados por horta analisada.

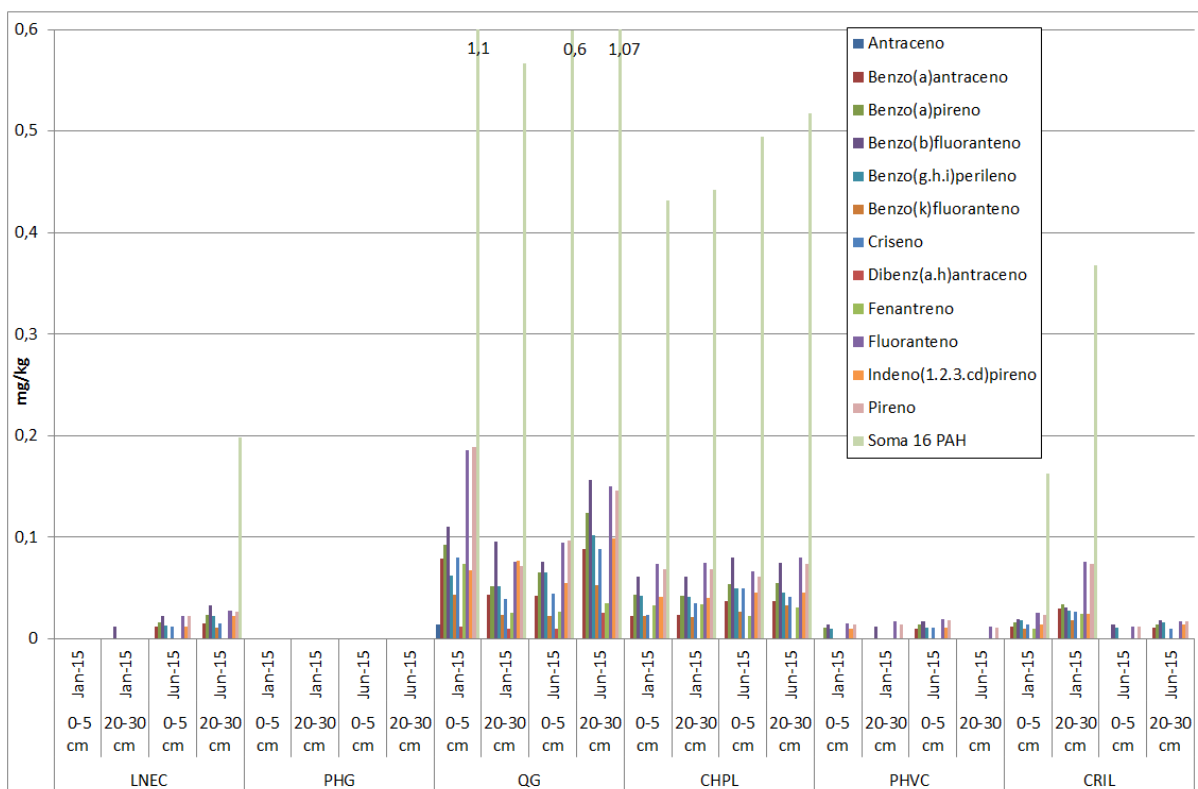


Figura 5.14 – Mapa da concentração de hidrocarbonetos nos solos (mg/kg), por local de amostragem

A sua análise evidencia ser a Quinta da Granja a horta onde as concentrações de hidrocarbonetos nos solos são mais elevadas, seguida do CHPL, da CRIL, e do LNEC. O PHG, inaugurado em 2011, não apresentou hidrocarbonetos em nenhuma das amostras de solos analisadas. Os resultados obtidos mostram o efeito cumulativo da contaminação proveniente das pressões nos solos. De facto, a QG é a horta mais antiga, com décadas de acumulação das pressões de eixos viários com elevada circulação, e o CHPL é uma horta com a pressão direta do corredor de aviões do aeroporto de Lisboa. A horta do LNEC, embora próxima do mesmo corredor aéreo, não se localiza exatamente sob o corredor, além das hortas terem sido iniciadas em maio de 2012. Também a CRIL poderá beneficiar do efeito positivo da presença de uma barreira acústica, que evita a dispersão atmosférica direta gerada pelo tráfego da CRIL. Finalmente, o PHVC é uma horta recente, de 2013, cujos teores em hidrocarbonetos são muito baixos, aspeto para o qual pode contribuir o facto de os solos agrícolas utilizados terem sido transportados de outros locais da cidade.

A Figura 5.14 apresenta, igualmente, para cada horta, uma análise da variação da concentração de hidrocarbonetos para duas profundidades (0-5 cm e dos 20-30 cm) e em duas épocas diferentes. Em relação às duas profundidades analisadas observa-se que, na maioria das situações, os resultados se encontram dentro da mesma gama de valores, com exceção da CRIL onde os valores para a profundidade maior surgem um pouco mais elevados nas duas épocas de amostragem. O conjunto de dados denota a capacidade de migração dos hidrocarbonetos até 30 cm no solo. Contudo, como se pode ver na secção 6.4, não foram observados hidrocarbonetos nas águas da zona vadosa. Em relação às duas épocas analisadas, a estação seca (junho) é aquela onde os valores se apresentam mais elevados, também com a exceção da CRIL. Uma provável explicação para a CRIL é o facto de, na estação húmida, serem utilizadas para irrigação as águas de escorrência da estrada da Portela (paralela à CRIL), geradas pela precipitação, contribuindo para piorar a sua qualidade nesse período. Tirando essa exceção, a época seca é aquela menos sujeita à diluição da precipitação sendo, por isso, a época de pior qualidade dos solos.

6 | Caracterização da qualidade da água em áreas hortícolas de Lisboa

6.1 Objetivos

A análise da qualidade da água nos locais das hortas urbanas teve como objetivos:

- caracterizar a qualidade das águas intersticiais a duas profundidades (30 e 60 cm) para os elementos referidos no Capítulo 3 |;
- correlacionar a qualidade das águas intersticiais com a localização da horta (cf. secção 4.2) e as práticas agrícolas dos locais (cf. secção 4.3), verificando a capacidade de lixiviação dos contaminantes presentes no solo.

6.2 Metodologia adotada e parâmetros analisados

Atendendo aos objetivos referidos foi adotado o seguinte procedimento:

- instalação de duas cápsulas porosas no Parque Hortícola da Granja (para a recolha de amostras da solução do solo e posterior determinação da concentração de metais pesados e do conteúdo em PAH) às profundidades de 30 e 60 cm. Na horta do LNEC já se encontravam duas cápsulas porosas, instaladas às mesmas profundidades, que foram utilizadas para amostragem;
- armazenamento e conservação das amostras de águas intersticiais, recolhidas com uma periodicidade quinzenal, para posterior análise integrada para o ciclo de culturas de Inverno (04/02/2015 até 13/05/2015) e do período de Verão (13/05/15 até 21/08/15). De 27/05/15 em diante não houve água para amostragem em nenhuma das quinzenas.

6.3 Valores de referência e critérios adotados

Visando ter uma referência para analisar os resultados obtidos para as águas da zona vadosa utilizou-se a legislação Portuguesa em vigor para os parâmetros definidos para a qualidade das águas subterrâneas na origem, decorrente da aplicação da Diretiva-Quadro da Água (DQA) e da Lei da Água. Para os parâmetros não contemplados naquela legislação são utilizados os valores paramétricos definidos no Decreto-Lei n.º 306/2007 para a qualidade da água destinada ao consumo humano. Por fim, para os restantes parâmetros não definidos na legislação portuguesa, foram utilizadas as normas do Canadá relativas aos standards para condições de águas subterrâneas potáveis. Optou-se por esta legislação por ser das mais completas, juntamente com a legislação Holandesa, mas a mais recente (datada de 27 de Julho de 2009) e em sintonia com o definido na legislação imposta pela DQA de definição de standards de qualidade na origem. Em síntese, e por sequência, são os seguintes documentos utilizados (Quadro 6.1):

- NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008;

- LQ - Limiar de Qualidade, Anexo II e VII da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009 e 2015);
- VP - Valor Paramétrico, DL 306/2007 Qualidade da água destinada ao consumo humano;
- Canadá - *Standards in a Potable Groundwater Condition (Table 2)*.

Quadro 6.1 – Valores de referência em águas, para os parâmetros analisados neste estudo

Elemento	Unidade	Norma de Qualidade	Limiar de Qualidade	Valor Paramétrico	Canadá T2
Alumínio - Al	mg/L	-	-	0,2	-
Antimónio - Sb	mg/L	-	-	0,005	-
Arsénio - As	mg/L	-	0,01	-	0,025
Bário - Ba	mg/L	-	-	-	1
Berílio - Be	mg/L	-	-	-	0,004
Boro - B	mg/L	-	-	-	5
Cádmio - Cd	mg/L	-	0,005	-	0,0027
Crómio - Cr	mg/L	-	-	0,05	0,05
Cobalto - Co	mg/L	-	-	-	0,0038
Cobre - Cu	mg/L	-	-	-	0,087
Ferro - Fe	mg/L	-	-	-	-
Chumbo - Pb	mg/L	-	0,01	-	0,01
Lítio - Li	mg/L	-	-	-	-
Manganês - Mn	mg/L	-	-	-	-
Molibdeno - Mo	mg/L	-	-	-	0,07
Níquel - Ni	mg/L	-	-	-	0,01
Selénio - Se	mg/L	-	-	-	0,01
Tálio - Ta	mg/L	-	-	-	0,002
Vanádio - V	mg/L	-	-	-	0,0062
Zinco - Zn	mg/L	-	-	-	1,1
Nitratos	mg/L	50	-	-	-
Antraceno	µg/L	-	-	-	2,4
Benzo(a)antraceno	µg/L	-	-	-	1
Benzo(a)pireno	µg/L	-	-	-	0,01
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	-	-	-	0,1
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	-	-	-	0,2
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	-	-	-	0,1
Criseno	µg/L	-	-	-	0,1
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L	-	-	-	0,2
Fluoranteno	µg/L	-	-	-	0,41
Indeno(1.2.3.cd)pireno	µg/L	-	-	-	0,2
Fenantreno	µg/L	-	-	-	1
Pireno	µg/L	-	-	-	4,1

Nota: – não definido

6.4 Resultados obtidos

O Quadro 4.6 apresenta os resultados *on site* obtidos para as amostras intersticiais. As amostras para subsequente análise química foram congeladas. Os resultados são apresentados no Anexo V.

Quadro 6.2 – Parâmetros físico-químicos gerais das amostras de águas intersticiais recolhidas nas hortas, Lisboa

Data de recolha	Local	pH	Eh mV	CE μS/cm	TDS mg/l	Salinidade ppt	T amostra °C	Observações
04-02-2015	LNEC-30cm	8,04	264,2	316,4	254,8	0,19	16	Nas amostras LNEC-60cm e PHG-30cm houve parâmetros que não foram medidos por falta de volume de amostra.
	LNEC-60cm	-	-	659	-	-	15,1	
	PHG-30cm	-	-	1006	-	-	14,5	
	PHG-60cm	7,09	259,3	1761	1482	1,18	13	
25-02-2015	LNEC-30cm	7,97	-	852	-	-	16,7	PHG-30cm e PHG-60cm não se obteve amostra por desaparecimento do equipamento de recolha
	LNEC-60cm	7,81	-	910	-	0,53	16,5	
	PHG-30cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-60cm	-	-	-	-	-	-	
11-03-2015	LNEC-30cm	-	-	-	-	-	-	Não houve amostra para se efetuar as medições
	LNEC-60cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-30cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-60cm	-	-	-	-	-	-	
25-03-2015	LNEC-30cm	7,45	-	1055	-	-	19,1	Os parâmetros sem valores são resultado de não haver quantidade de amostra suficiente para a medição
	LNEC-60cm	7,8	-	1010	-	-	17,5	
	PHG-30cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-60cm	7,02	-	2530	-	-	16,7	
10-04-2015	LNEC-30cm	7,43	-	890	-	-	19,7	Os parâmetros sem valores são resultado de não haver quantidade de amostra suficiente para a medição
	LNEC-60cm	7,42	-	980	-	-	19,8	
	PHG-30cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-60cm	6,68	-	2640	-	-	20,4	
29-04-2015	LNEC-30cm	7,27	190,9	472,8	334	0,23	20,4	Os parâmetros sem valores são resultado de não haver quantidade de amostra suficiente para a medição
	LNEC-60cm	7,07	119,8	589	416	0,31	18,7	
	PHG-30cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-60cm	-	-	-	-	-	-	
13-05-2015	LNEC-30cm	-	-	-	-	-	-	Não houve amostra para se efetuar as medições
	LNEC-60cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-30cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-60cm	-	-	-	-	-	-	
27-05-2015	LNEC-30cm	8,13	-	1344	-	-	23,5	Os parâmetros sem valores são resultado de não haver quantidade de amostra suficiente para a medição
	LNEC-60cm	7,66	-	1384	-	-	21,6	
	PHG-30cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-60cm	-	-	-	-	-	-	
11-06-2015 a 21-08-2015	LNEC-30cm	-	-	-	-	-	-	Não houve amostra para se efetuar as medições
	LNEC-60cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-30cm	-	-	-	-	-	-	
	PHG-60cm	-	-	-	-	-	-	

6.4.1 Metais

A Figura 6.1 apresenta os resultados obtidos para a concentração em metais nas águas intersticiais das duas hortas analisadas. Além dos elementos apresentados foram, ainda, analisados os seguintes elementos, todos eles abaixo do limite de quantificação respetivo: antimónio (Sb), arsénio (As), berílio (Be), cádmio (Cd), chumbo (Pb), selénio (Se), tálio (Ta) e vanádio (V) (cf. Anexo V).

Comparando estes resultados com os da Figura 4.19, relativa à concentração dos mesmos metais nas águas de deposição atmosférica, é possível observar serem os mesmos metais (boro, bário e zinco) que ocorrem em maiores concentrações nas águas intersticiais, considerando que os elementos ferro, alumínio e manganés são estáveis como precipitados e não na sua forma solúvel.

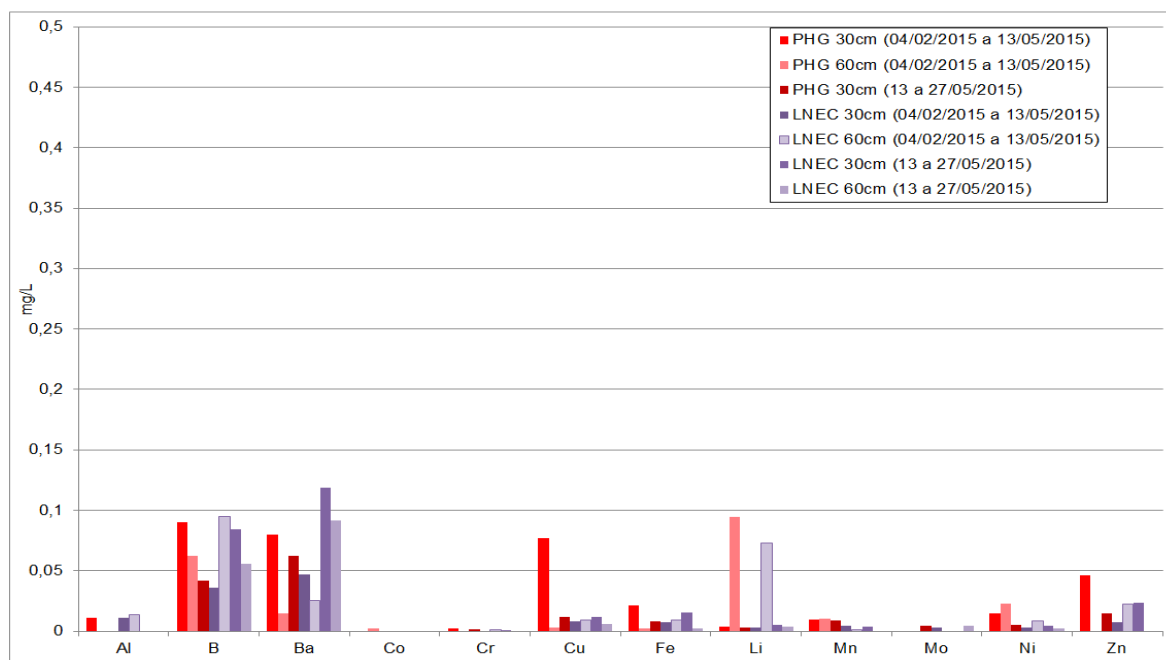


Figura 6.1 – Concentração em metais nas águas da zona vadosa do solo

O As, Be, Pb e V, presentes em baixas concentrações na deposição seca, foram retidos nas partículas do solo possivelmente por processos de adsorção, não se apresentando nas águas da zona vadosa. Os restantes elementos também mostram uma redução dos seus valores relativamente às águas de deposição.

Com a exceção do Ni, cujas concentrações no PHG surgem ligeiramente acima do legislado no Canadá para águas subterrâneas potáveis (cf. Quadro 6.1), todas as águas apresentam valores abaixo do legislado para águas subterrâneas potáveis. Acresce que este não é o propósito destas águas e que os processos de diluição e de retenção dos poluentes ainda diminuirão, em muito, estas concentrações.

6.4.2 Hidrocarbonetos

Não foram encontrados hidrocarbonetos em nenhuma das amostras de água das cápsulas instaladas na zona vadosa, nem aos 30 cm nem aos 60 cm.

7 | Caracterização de metais pesados em espécies vegetais das áreas hortícolas de Lisboa

7.1 Objetivos

Nos locais de hortas urbanas foi feita a:

- determinação das concentrações em metais pesados (cobre, chumbo, zinco, cádmio, crómio e níquel) no material vegetal recolhido nas seis hortas urbanas referidas, em dois períodos: janeiro e junho de 2015;
- avaliação da relação espécie vegetal e a concentração de metais pesados;
- análise da correlação entre o grau de contaminação das espécies vegetais e a localização da horta / práticas agrícolas;
- identificação das espécies vegetais mais sensíveis à poluição, visando a seleção das mais adequadas para áreas sujeitas a maiores pressões.

7.2 Metodologia adotada e parâmetros analisados

Atendendo aos objetivos inicialmente propostos foram efetuadas colheitas de amostras vegetais das várias espécies hortícolas que estavam a ser utilizadas nos dois momentos de colheita (ver Quadro 7.1). As espécies foram devidamente identificadas, lavadas e guardadas para análise no laboratório. Para cada espécie hortícola de cada uma das hortas em estudo foram feitas amostras em triplicado. Estas amostras foram secas em estufa (à temperatura de 60°C) até se atingir um peso constante. Seguidamente sofreram uma digestão com ácido nítrico para extração dos metais a analisar (cobre, cádmio, zinco, crómio, chumbo e níquel). Os extratos foram posteriormente analisados por espectrofotometria de absorção atómica. Em janeiro foram colhidas 86 amostras e em junho 47 amostras.

Quadro 7.1 – Espécies hortícolas recolhidas nas hortas de Lisboa

Local	Espécies hortícolas analisadas
PHVC	Couve (galega, portuguesa, roxa), batata, brócolos, alface vermelha e verde, alho francês, coentros, aipo, cebola, ervilha torta, rábano
PHG	Couves (roxa, coração de boi, galega), brócolos, alface vermelha, alho francês
QG	Couve (coração de boi, galega, lombarda, portuguesa, roxa), nabo, alface vermelha e verde, cenoura
LNEC	Alface (vermelha e verde), couve (roxa, galega, portuguesa)
CRIL	Nabiças, Couve (portuguesa, galega), brócolos, alface vermelha e verde, alho francês
CHPL	Nabiças, couve (portuguesa, roxa, coração de boi, galega), brócolos, alface vermelha e verde

7.3 Resultados obtidos

Nos Quadros 7.2 a 7.13 apresentam-se os resultados obtidos para as plantas estudadas (em microgramas ou miligramas de metal por quilograma de peso seco). De um modo geral verificou-se que as raízes das plantas apresentavam valores mais elevados de muitos metais do que a parte aérea, o que é de esperar tendo em conta que as raízes estão em contacto direto com o solo e têm na sua constituição componentes aos quais os metais ficam adsorvidos por afinidade de carga. Os resultados obtidos indicam alguma variabilidade no teor dos diferentes metais em função do metal, do tipo de hortícola e da horta onde foi colhido, o que é natural tendo em conta os diferentes solos de cada horta e a diferente capacidade de absorção dos metais pelas diversas plantas estudadas. Os resultados obtidos não indicam contaminações graves nas zonas e períodos estudados.

7.3.1 Cádmio

O cádmio é um metal pesado não essencial que é tóxico para os seres vivos mesmo a baixas concentrações. Para a maioria das plantas, concentrações foliares superiores a 5-10 mg/kg PS são consideradas tóxicas (GALLEGO *et al.*, 2012). A principal via de contaminação dos seres humanos por Cd é através da alimentação, em particular por vegetais e cereais e produtos deles derivados (CLEMENS *et al.*, 2013) pelo que é necessário um particular cuidado no controlo da contaminação por este elemento. De acordo com as normas europeias (Regulamento CE n.º 629/2008), o teor limite de Cd para produtos hortícolas de folha, é 0,2 mg/kg (200 µg/kg) de peso fresco.

No Quadro 7.2 e no Quadro 7.3 apresentam-se os resultados dos teores de Cd obtidos para as espécies vegetais colhidas nas diferentes hortas, em janeiro e em junho de 2015, respetivamente. Os teores de Cd obtidos neste trabalho encontram-se bastante abaixo do limite máximo imposto pelas normas europeias referidas. Note-se que os resultados apresentados encontram referidos em µg por kg de matéria seca, pelo que, tendo em conta que as folhas dos vegetais contêm cerca de 90% de água (valor aproximado), o teor correspondente em matéria fresca corresponde a aproximadamente 1/10 do indicado. Os valores mais elevados obtiveram-se nos vegetais de um dos locais do PHVC, sendo contudo sempre inferiores ao limite referido.

Na Figura 7.1 apresenta-se um diagrama de extremos e quartis dos resultados obtidos para todas as partes aéreas das plantas colhidas em cada horta. Neste gráfico é visível a variabilidade dos teores de Cd, função da diferente capacidade dos diversos vegetais absorverem o Cd do solo. O valor mais elevado na parte aérea das plantas estudadas foi obtido numa alface na horta do PHVC 1, colhida em janeiro deste ano, no entanto este valor não excede os limites permitidos pelo regulamento acima citado. Em junho, nenhuma das análises revelou valores tão díspares. Apenas na horta do PHVC 3 houve uma diferença significativa nas colheitas de janeiro e junho, o que se pode dever às condições atmosféricas e às diferentes espécies analisadas.

Tendo em atenção os resultados obtidos para os teores de Cd nos solos destas hortas (cf. Cap. 5), não era de esperar que existissem quantidades elevadas de Cd nas hortícolas plantadas nesses locais. Nota-se no entanto que certas espécies, como a alface, têm maior tendência para acumular

este metal, embora em níveis que não são perigosos (devido ao facto dos solos não estarem contaminados).

Quadro 7.2 – Teores de Cd nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Cd (µg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	48,9±14,8	67,8±15,1
	Raiz	-	-	-	-	-	-	64,6±10,0	-
Brócolos	Parte aérea	-	47,6±10,7	-	13,3±1,6	-	-	77,4±7,1	30,3±7,5
	Caule	-	134,0±12,4	-	15,6±4,2	-	-	78,5±7,3	97,8±16,3
	Inflorescência	-	43,6±8,2	-	25,6±2,1	-	-	17,6±4,9	54,8±4,4
Alface verde frisada	Folha	417,1±77,5	109,8±18,6	163,4±6,4	-	117,2±24,7	57,3±9,0	111,3±14,6	109,8±17,0
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	152,5±22,2
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	96,2±16,5	-	-	115,4±9,6
	Raiz	-	-	-	-	174,4±23,6	-	-	-
Alface vermelha frisada	Folhas	647,5±101,0	149,1±25,5	334,2±66,8	103,3±13,9	78,4±12,1	104,6±20,9	85,8±14,1	126,9±20,0
	Raiz	552,8±35,2	-	-	117,5±27,5	182,2±44,2	-	-	-
Couve roxa	Parte aérea	143,8±21,3	-	-	35,4±6,5	-	36,8±8,2	-	85,0±10,7
Couve portuguesa	Parte aérea	130,9±2,3	46,7±7,3	214,2±22,4	-	93,3±5,3	32,9±2,9	53,6±8,3	39,3±11,4
Couve-galega	Parte aérea	59,3±21,8	49,4±13,1	239,6±35,6	16,2±0,6	102,2±16,5	32,4±5,5	25,9±4,0	26,3±5,7
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	18,4±4,8	22,6±6,2	-	-	30,2±6,3
	Raiz	-	-	-	-	38,6±4,4	-	-	-
Couve lombarda	Parte aérea	-	-	-	-	224,7±42,1	-	-	-
	Raiz	-	-	-	-	570,6±94,0	-	-	-
Coentros	Parte aérea	283,8±29,9	-	-	-	-	-	-	-
	Raiz	867,5±42,9	-	-	-	-	-	-	-
Aipo	Parte aérea	408,9±99,6	-	-	-	-	-	-	-
Alho francês	Parte aérea	190,2±34,7	-	-	11,9±1,2	-	-	46,2±6,8	-
	Raiz	481,0±58,2	-	-	55,7±5,0	-	-	300,9±68,4	-
Cebola roxa	Parte aérea	-	34,8±9,5	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	422,5±64,5	-	-	-	-	-	-
Ervilha torta	Parte aérea	-	70,6±19,0	-	-	-	-	-	-
Rábano	Parte aérea	-	99,0±2,9	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	66,5±3,8	-	-	-	-	-	-
Nabo	Parte aérea	-	-	-	-	274,7±41,9	-	-	-

Quadro 7.3 – Teores de Cd nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Cd (µg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Alface verde frisada	Folha	131,6±4,4	169,1±10,6	81,1±9,2	-	129,0±5,3	25,7±1,4	207,5±18,5	87,3±2,3
	Raiz	-	51,8±0,8	-	-	-	-	88,9±8,7	167,1±20,1
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	-	-	-	128,7±10,5
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	216,5±6,5
Alface	Folha	233,8±32,7	585,1±72,1	39,2±6,4	22,4±2,1	97,9±8,6	79,1±8,8	206,0±26,9	89,8±4,5

Produto hortícola	Parte da planta	Cd (µg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
vermelha frisada	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-
Couve portuguesa	Folha	42,7±6,3	-	27,0±3,9	-	23,8±3,1	31,2±3,1	-	44,2±6,0
Couve-galega	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	266,1±41,5
Couve coração de boi	Folha	25,5±6,0	<5	<5	10,1±0,8	16,4±1,0	23,6±3,4	11,3±1,0	13,7±2,3
	Parte aérea	-	-	-	9,5±0,9	26,5±4,4	-	-	42,0±4,9
	Raiz	-	-	-	101,5±3,7	-	-	-	247,9±36,5
Batata	Tubérculo	-	229,5±20,2	-	-	-	-	-	-
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	-	54,4±9,9
	Parte aérea	-	<5	-	-	-	-	-	-
	Bolbo	-	<5	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	116,6±27,5	-	-	-	-	-	-

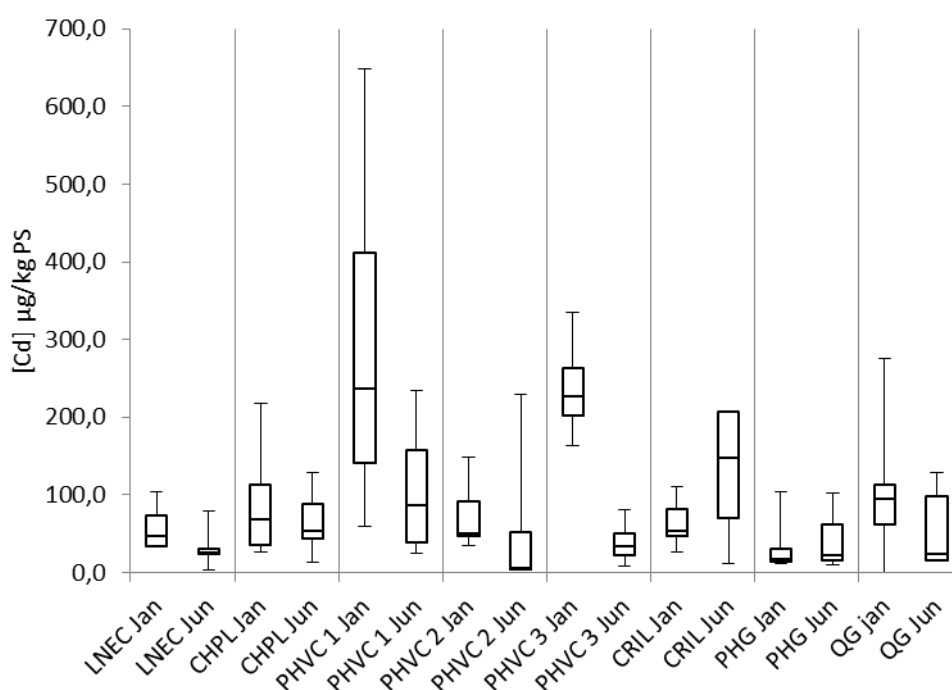


Figura 7.1 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Cd (µg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015

7.3.2 Chumbo

O chumbo é um metal pesado não essencial que é tóxico para os seres vivos, sendo que a maior parte do chumbo que hoje existe no ambiente tem origem antropogénica. O Pb é considerado um dos contaminantes mais disseminados, persistentes e tóxicos no ambiente (GUPTA *et al.*, 2013). Uma das principais fontes de Pb nas áreas urbanas, como Lisboa, era a gasolina aditivada com este metal. Desde 1999 que este tipo de aditivo para a gasolina foi proibido em Portugal pelo que a emissão deste metal pesado na zona de Lisboa se reduziu consideravelmente (SILVA, 2006). Embora o Pb não seja facilmente absorvido pelas plantas, em particular para solos ligeiramente alcalinos, como os das hortas destes trabalhos, a sua elevada toxicidade leva a que seja necessário um permanente

controlo dos seus níveis tanto nos solos das hortas urbanas como nos vegetais aí cultivados. De acordo com as normas europeias (Regulamento CE n.º 629/2008), o teor limite de Pb para produtos hortícolas de folha e Brassicas, é 0,3 mg/kg de peso fresco. Num estudo realizado sobre a acumulação de metais em solos urbanos contaminados NABULO *et al.* (2012) verificaram que os teores de Pb em diversas espécies vegetais variavam entre 0,243 e 144 mg/kg PS.

No Quadro 7.4 e no Quadro 7.5 apresentam-se os resultados dos teores de Pb obtidos para as espécies vegetais colhidas nas diferentes hortas, em janeiro e em junho de 2015, respetivamente. Os teores de Pb obtidos neste trabalho encontram-se de um modo geral abaixo do limite máximo imposto pelas normas europeias referidas. Existem duas exceções relativas a uma amostra de alface e outra de couve coração de boi, colhidas em junho na horta do CHPL, cujos valores de Pb excedem esses limites. Considerando que nas outras amostras dessa horta desse mês os valores se encontram normais e que na colheita de janeiro também não foram detetados valores tão elevados supõe-se que terá sido um problema de contaminação pontual e que não deve ser generalizado a toda a horta.

Na Figura 7.2 apresenta-se um diagrama de extremos e quartis dos resultados obtidos para todas as partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, excluindo os dois valores extremos referidos em cima. Tendo em conta os níveis de Pb encontrados nos solos (cf. Capítulo 5), não seria de esperar uma elevada contaminação dos vegetais cultivados nessas hortas, nomeadamente devido à baixa mobilidade do Pb, bem como ao pH do solo e aos teores de matéria orgânica detetados.

Quadro 7.4 – Teores de Pb nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Pb (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	0,50±0,04	0,78±0,11
	Raiz	-	-	-	-	-	-	2,79±0,23	-
Brócolos	Parte aérea	-	0,45±0,02	-	0,27±0,09	-	-	0,49±0,03	0,94±0,14
	Caule	-	0,28±0,03	-	0,27±0,09	-	-	-	0,66±0,00
	Inflorescência	-	0,28±0,03	-	0,38±0,07	-	-	-	0,46±0,12
Alface verde frisada	Folha	1,10±0,09	0,49±0,06	1,10±0,20	-	1,44±0,01	0,68±0,11	0,49±0,00	0,87±0,12
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	2,30±0,16
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	2,46±0,29	-	-	0,92±0,02
	Raiz	-	-	-	-	13,03±2,26	-	-	-
Alface vermelha frisada	Folhas	0,59±0,03	0,75±0,02	0,67±0,10	0,40±0,08	1,47±0,05	0,60±0,06	0,57±0,09	1,20±0,23
	Raiz	1,41±0,07	-	-	1,66±0,29	3,25±0,46	-	-	-
Couve roxa	Parte aérea	0,47±0,07	-	-	-	-	0,65±0,12	-	0,91±0,05
Couve portuguesa	Parte aérea	0,52±0,02	0,48±0,09	0,34±0,09	-	0,63±0,12	0,49±0,02	0,52±0,15	0,61±0,05
Couve-galega	Parte aérea	0,55±0,07	0,49±0,01	0,48±0,08	0,39±0,08	0,49±0,05	0,37±0,02	-	0,68±0,16
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	0,45±0,01	1,08±0,04	-	-	1,68±0,04
	Raiz	-	-	-	-	6,02±0,92	-	-	-
Couve lombarda	Parte aérea	-	-	-	-	0,51±0,14	-	-	-
	Raiz	-	-	-	-	57,24±8,17	-	-	-
Coentros	Parte aérea	1,23±0,28	-	-	-	-	-	-	-
	Raiz	5,27±0,46	-	-	-	-	-	-	-

Produto hortícola	Parte da planta	Pb (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Aipo	Parte aérea	1,10±0,10	-	-	-	-	-	-	-
Alho francês	Parte aérea	0,91±0,03	-	-	0,21±0,06	-	-	0,24±0,05	-
	Raiz	2,33±0,08	-	-	0,95±0,03	-	-	1,28±0,30	-
Cebola roxa	Parte aérea	-	0,43±0,00	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	3,68±0,03	-	-	-	-	-	-
Ervilha torta	Parte aérea	-	0,47±0,04	-	-	-	-	-	-
Rábano	Parte aérea	-	0,60±0,09	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	2,92±0,31	-	-	-	-	-	-
Nabo	Parte aérea	-	-	-	-	0,68±0,09	-	-	-

Quadro 7.5 – Teores de Pb nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Pb (mg /kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Alface verde frisada	Folha	0,40±0,01	0,64±0,13	0,47±0,08	-	0,80±0,13	0,45±0,02	0,64±0,01	7,45±0,30
	Raiz	-	2,07±0,08	-	-	-	-	2,63±0,18	528,39±35,52
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	-	-	-	0,49±0,02
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	7,22±1,03
Alface vermelha frisada	Folha	0,92±0,11	1,86±0,10	0,77±0,10	0,14±0,03	0,94±0,08	0,31±0,03	0,71±0,01	0,62±0,06
	Raiz	-	4,38±0,72	-	-	-	-	-	3,65±0,60
Couve portuguesa	Folha	0,36±0,03	-	0,17±0,03	-	0,47±0,01	0,28±0,02	-	0,07±0,02
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	4,67±0,27
Couve-galega	Folha	0,12±0,01	0,19±0,06	0,71±0,01	0,12±0,01	0,22±0,04	0,34±0,03	0,15±0,02	0,18±0,03
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	0,14±0,03	0,54±0,03	-	-	5,46±0,28
	Raiz	-	-	-	1,52±0,03	-	-	-	145,75±25,24
Batata	Tubérculo	-	1,88±0,00	-	-	-	-	-	-
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	-	0,51±0,02
Cebola	Parte aérea	-	0,33±0,03	-	-	-	-	-	-
	Bolbo	-	0,24±0,04	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	4,18±0,78	-	-	-	-	-	-

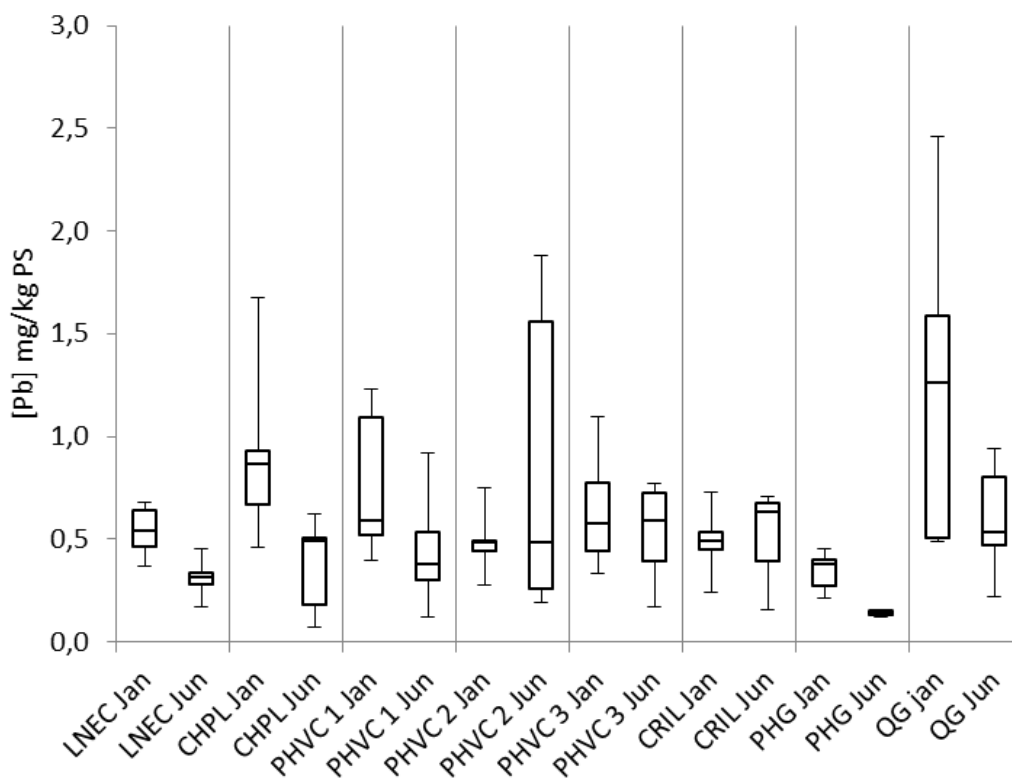


Figura 7.2 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Pb (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015

7.3.3 Cobre

O cobre é um metal essencial para os seres vivos e encontra-se presente nas plantas em teores que normalmente variam entre 5 e 20 mg/kg PS (em folhas), embora estes teores possam variar consideravelmente de acordo com a espécie de planta (YRUELA 2009). Valores de Cu abaixo de 5 mg/kg podem provocar sintomas de deficiência enquanto valores acima de 20 mg/kg podem provocar sintomas de toxicidade em muitas espécies de plantas.

No Quadro 7.6 e no Quadro 7.7 apresentam-se os resultados dos teores de Cu obtidos para as espécies vegetais colhidas nas diferentes hortas, em janeiro e em junho de 2015, respetivamente. Os teores destes elementos podem ser considerados dentro da normalidade para a generalidade das espécies vegetais estudadas, existindo nalguns casos um teor muito baixo de cobre (perto ou abaixo do limite de deteção da técnica), o que poderá configurar uma situação de deficiência neste elemento para as respetivas plantas. Detetou-se apenas um caso com uma concentração de Cu notoriamente acima da média (98,4 mg/kg) numa couve na horta da CRIL. Embora seja um caso isolado, mesmo este teor não apresenta risco tendo em atenção os níveis de consumo habituais para esta espécie vegetal.

Na Figura 7.3 apresenta-se um diagrama de extremos e quartis dos resultados obtidos para todas as partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, excluindo o valor extremo referidos em cima. Como se pode observar, existe bastante concordância entre todos os valores, independentemente da horta ou do período de colheita.

Quadro 7.6 – Teores de Cu nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Cu (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	21,7±1,5	8,9±0,8
	Raiz	-	-	-	-	-	-	18,6±0,5	-
Brócolos	Parte aérea	-	11,4±1,7	-	6,7±0,4	-	-	7,2±0,8	7,8±1,0
	Caule	-	6,5±0,7	-	5,5±0,7	-	-	5,6±0,7	<2,0
	Inflorescência	-	6,4±0,8	-	5,9±0,6	-	-	7,7±0,9	5,9±0,6
Alface verde frisada	Folha	14,6±0,4	12,3±0,4	6,4±0,8	-	12,5±0,5	6,2±0,9	13,3±0,6	6,5±0,4
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	8,1±1,0
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	12,1±1,3	-	-	6,4±0,6
	Raiz	-	-	-	-	30,8±3,2	-	-	-
Alface vermelha frisada	Folhas	8,5±0,4	13,2±1,1	11,6±1,6	10,7±0,8	10,9±1,0	15,9±0,9	9,0±0,7	7,8±0,9
	Raiz	10,9±1,0	-	-	22,8±2,0	24,4±1,8	-	-	-
Couve roxa	Parte aérea	13,3±1,5	-	-	4,2±0,5	-	<2,0	-	<2,0
Couve portuguesa	Parte aérea	8,2±0,9	11,3±1,2	7,0±0,8	-	5,7±0,6	2,9±0,1	9,0±0,5	<2,0
Couve-galega	Parte aérea	5,7±0,8	8,2±0,8	<2,0	15,8±1,6	7,2±0,8	2,5±0,4	98,4±1,9	<2,0
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	4,9±0,7	6,1±0,7	-	-	<2,0
	Raiz	-	-	-	-	20,1±1,7	-	-	-
Couve lombarda	Parte aérea	-	-	-	-	4,9±0,2	-	-	-
	Raiz	-	-	-	-	16,1±1,5	-	-	-
Coentros	Parte aérea	29,0±2,5	-	-	-	-	-	-	-
	Raiz	52,5±0,7	-	-	-	-	-	-	-
Aipo	Parte aérea	23,5±2,7	-	-	-	-	-	-	-
Alho francês	Parte aérea	22,8±1,8	-	-	5,7±0,6	-	-	8,0±0,7	-
	Raiz	21,5±0,9	-	-	16,7±1,8	-	-	73,7±5,8	-
Cebola roxa	Parte aérea	-	5,4±0,5	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	23,3±2,1	-	-	-	-	-	-
Ervilha torta	Parte aérea	-	25,4±2,5	-	-	-	-	-	-
Rábano	Parte aérea	-	7,9±0,7	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	18,3±1,1	-	-	-	-	-	-
Nabo	Parte aérea	-	-	-	-	11,3±0,1	-	-	-

Quadro 7.7 – Teores de Cu nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Cu (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Alface verde frisada	Folha	9,9±0,6	10,7±0,3	11,6±0,5	-	9,4±0,8	10,0±0,4	9,9±0,6	7,4±0,3
	Raiz	-	38,6±2,7	-	-	-	-	12,3±0,0	12,5±1,7
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	-	-	-	5,9±0,7
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	12,9±2,6
Alface vermelha frisada	Folha	11,2±0,4	9,7±0,4	12,9±1,5	5,7±0,6	18,1±0,3	14,6±0,4	12,9±0,8	5,9±0,8
	Raiz	-	47,9±6,6	-	-	-	-	-	17,6±1,8
Couve portuguesa	Folha	2,1±0,3	-	3,2±0,1	-	3,4±0,1	<2,0	-	3,4±0,2
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	35,3±2,9

Produto hortícola	Parte da planta	Cu (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Couve-galega	Folha	4,2±0,2	3,2±0,6	3,8±0,3	2,6±0,0	3,5±0,3	1,8±0,3	4,0±0,4	3,3±0,4
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	2,3±0,1	2,8±0,6	-	-	2,8±0,4
	Raiz	-	-	-	10,4±0,1	-	-	-	18,2±1,9
Batata	Tubérculo	-	7,4±0,3	-	-	-	-	-	-
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	-	-
Cebola	Parte aérea	-	7,4±0,5	-	-	-	-	-	-
	Bolbo	-	5,5±0,5	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	17,0±1,7	-	-	-	-	-	-

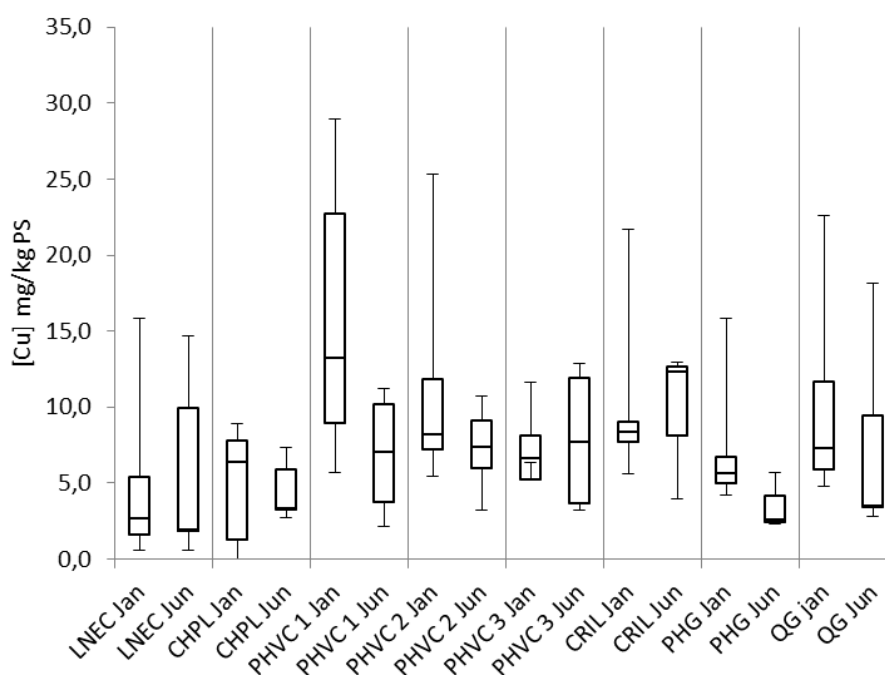


Figura 7.3 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Cu (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015

7.3.4 Crómio

Como já foi referido, o crómio é um metal que se apresenta principalmente em duas formas mais estáveis: trivalente, Cr(III), e hexavalente, Cr(VI). A forma Cr(VI) é normalmente considerada a mais tóxica sendo a forma Cr(III) menos móvel e menos tóxica (SHANKER *et al.* 2005). O Cr(III) é um micronutriente essencial para animais mas não para as plantas, podendo estas acumular quantidades muito variáveis deste elemento até mostrarem sintomas de toxicidade (SINGH *et al.*, 2013).

No Quadro 7.8 e no Quadro 7.9 apresentam-se os resultados dos teores de Cr obtidos para as espécies vegetais colhidas nas diferentes hortas, em janeiro e em junho de 2015, respetivamente. Note-se que neste estudo não se fez a especificação das diferentes espécies de Cr, tendo-se analisado o teor de Cr total. Os valores de Cr detetados são, de um modo geral, coincidentes com outros estudos efetuados em diferentes tipos de plantas (CHATTERJEE e CHATTERJEE, 1999). NABULO *et al.* (2012) refere teores entre 1,34 e 65,2 mg/kg em diferentes tipos de plantas colhidas em

diversos solos urbanos, mas referidos como estando contaminados. SZOLNOKI e FARSANG (2013) detetaram um máximo de 7,36 mg/kg de Cr em diferentes vegetais de hortas urbanas na Hungria.

Verifica-se também que a maior parte do Cr absorvido pelas plantas fica retido nas raízes. O valor mais alto detetado neste trabalho foi de 54,5 mg/kg em raízes de alface na horta do CHPL (colheita de junho).

Na Figura 7.4 apresenta-se um diagrama de extremos e quartis dos resultados obtidos para todas as partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, excluindo o valor extremo referidos em cima. De um modo geral, os teores de Cr são mais elevados na colheita de junho, o que pode ser parcialmente explicado pelas condições climáticas, se bem que as amplitudes dos valores medidos sejam bastante grandes.

Quadro 7.8 – Teores de Cr nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Cr (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	1,19±0,17	2,08±0,27
	Raiz	-	-	-	-	-	-	3,80±0,09	-
Brócolos	Parte aérea	-	0,92±0,09	-	0,34±0,03	-	-	0,57±0,05	1,56±0,18
	Caule	-	0,86±0,04	-	0,42±0,07	-	-	0,66±0,07	0,82±0,05
	Inflorescência	-	0,69±0,09	-	0,20±0,06	-	-	1,98±0,13	0,56±0,07
Alface verde frisada	Folha	1,98±0,09	0,53±0,07	1,30±0,16	-	1,87±0,21	1,11±0,19	2,28±0,41	0,55±0,09
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	2,78±0,14
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	1,19±0,15	-	-	0,70±0,06
	Raiz	-	-	-	-	6,52±0,31	-	-	-
Alface vermelha frisada	Folhas	1,38±0,03	1,00±0,07	0,83±0,11	0,41±0,08	0,68±0,08	1,30±0,11	1,49±0,11	4,04±0,29
	Raiz	4,28±0,52	-	-	3,65±0,32	4,98±0,48	-	-	-
Couve roxa	Parte aérea	1,40±0,16	-	-	0,39±0,07	-	0,80±0,07	-	1,33±0,07
Couve portuguesa	Parte aérea	1,58±0,20	1,25±0,17	1,08±0,21	-	1,23±0,22	0,73±0,07	1,53±0,19	1,20±0,12
Couve-galega	Parte aérea	0,77±0,08	0,91±0,02	1,16±0,09	0,48±0,07	1,15±0,19	1,09±0,12	1,07±0,17	1,24±0,05
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	0,32±0,06	1,46±0,23	-	-	1,20±0,03
	Raiz	-	-	-	-	4,65±0,36	-	-	-
Couve lombarda	Parte aérea	-	-	-	-	0,62±0,10	-	-	-
	Raiz	-	-	-	-	1,15±0,19	-	-	-
Coentros	Parte aérea	3,02±0,38	-	-	-	-	-	-	-
	Raiz	13,66±1,59	-	-	-	-	-	-	-
Aipo	Parte aérea	2,45±0,24	-	-	-	-	-	-	-
Alho francês	Parte aérea	3,17±0,21	-	-	1,06±0,02	-	-	0,59±0,04	-
	Raiz	4,90±0,67	-	-	3,59±0,40	-	-	3,33±0,29	-
Cebola roxa	Parte aérea	-	0,79±0,06	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	0,52±0,08	-	-	-	-	-	-
Ervilha torta	Parte aérea	-	0,93±0,05	-	-	-	-	-	-
Rábano	Parte aérea	-	0,55±0,01	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	6,53±0,60	-	-	-	-	-	-
Nabo	Parte aérea	-	-	-	-	0,80±0,06	-	-	-

Quadro 7.9 – Teores de Cr nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Cr (mg /kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Alface verde frisada	Folha	2,61±0,02	3,45±0,09	2,92±0,09	-	2,65±0,14	2,79±0,02	4,98±0,09	2,41±0,59
	Raiz	-	17,80±3,78	-	-	-	-	14,30±0,07	25,38±0,14
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	-	-	-	2,25±0,01
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	26,96±6,00
Alface vermelha frisada	Folha	3,27±0,13	5,90±0,68	5,92±0,09	2,50±0,06	3,32±0,04	3,12±0,08	6,53±0,28	4,47±1,25
	Raiz	-	22,76±2,47	-	-	-	-	-	54,51±1,76
Couve portuguesa	Folha	2,44±0,01	-	2,53±0,07	-	2,17±0,25	2,24±0,03	-	2,19±0,07
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	14,08±2,25
Couve-galega	Folha	1,91±0,00	1,97±0,07	2,18±0,04	2,03±0,21	2,48±0,00	2,04±0,00	2,25±0,01	2,19±0,51
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	2,29±0,05	3,05±0,06	-	-	2,14±0,07
	Raiz	-	-	-	7,18±1,09	-	-	-	18,69±0,70
Batata	Tubérculo	-	6,89±0,85	-	-	-	-	-	-
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	-	1,98±0,06
Cebola	Parte aérea	-	2,46±0,03	-	-	-	-	-	-
	Bolbo	-	1,88±0,07	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	12,74±1,86	-	-	-	-	-	-

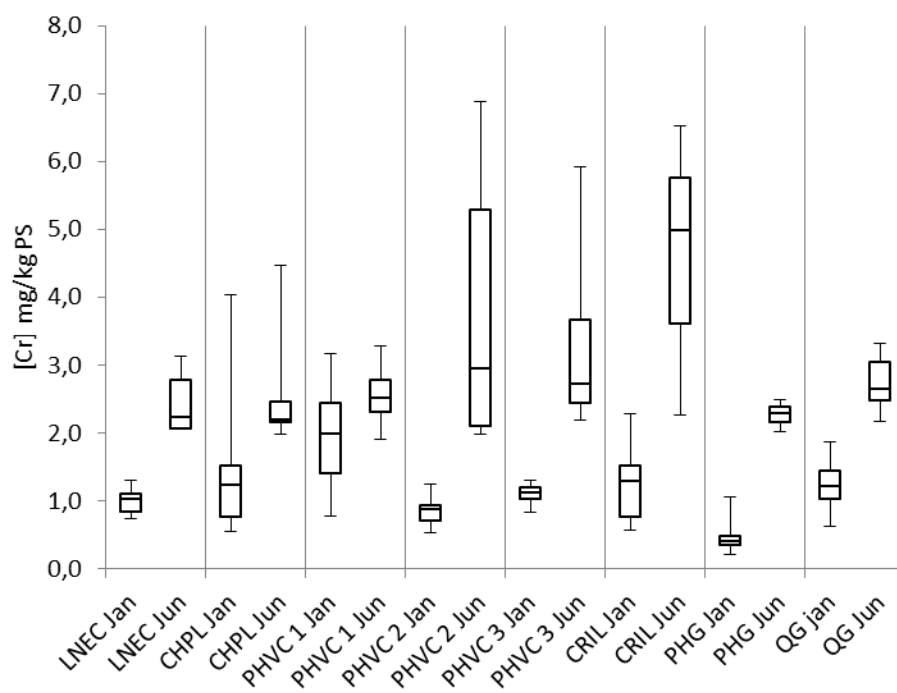


Figura 7.4 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Cr (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015

7.3.5 Níquel

O Níquel é um micronutriente essencial para plantas e alguns microrganismos. O Ni é tóxico para plantas sensíveis em concentrações superiores a 10 mg/kg e para plantas moderadamente tolerantes em concentrações superiores a 50 mg/kg (YUSUF *et al.*, 2011).

No Quadro 7.10 e no Quadro 7.11 apresentam-se os resultados dos teores de Ni obtidos para as espécies vegetais colhidas nas diferentes hortas, em janeiro e em junho de 2015, respetivamente. Na Figura 7.5 apresenta-se um diagrama de extremos e quartis dos resultados obtidos para todas as partes aéreas das plantas colhidas em cada horta. Os teores mais elevados de Ni detetados nos solos (cf. Capítulo 5 |) ocorreram nas hortas da CRIL. Nos vegetais, apenas se observaram maiores teores nestas hortas na colheita de junho, o que poderá estar relacionado com as condições atmosféricas. Os valores registados encontram-se, de um modo geral dentro da ordem de grandeza de outros estudos feitos em hortas urbanas (SZOLNOKI e FARSANG, 2013). Os teores mais elevados de Ni foram registados nas raízes das plantas, que, na maioria dos vegetais estudados, constituem a parte não comestível da planta.

Quadro 7.10 – Teores de Ni nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Ni (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	0,85±0,09	1,25±0,17
	Raiz	-	-	-	-	-	-	9,51±0,17	-
Brócolos	Parte aérea	-	0,70±0,10	-	7,43±0,64	-	-	1,06±0,12	0,39±0,07
	Caule	-	0,83±0,11	-	-	-	-	0,63±0,13	0,35±0,06
	Inflorescência	-	3,01±0,39	-	8,64±0,92	-	-	2,03±0,01	0,23±0,02
Alface verde frisada	Folha	1,59±0,09	0,38±0,02	0,63±0,08	-	-	0,80±0,04	1,29±0,29	0,55±0,03
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	2,09±0,03
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	2,16±0,18	-	-	0,29±0,07
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-
Alface vermelha frisada	Folhas	1,56±0,22	1,65±0,09	0,71±0,10	1,66±0,20	8,94±0,58	0,82±0,18	0,99±0,14	0,62±0,04
	Raiz	7,67±0,27	-	-	-	-	-	-	-
Couve roxa	Parte aérea	0,70±0,15	-	-	2,21±0,20	-	0,39±0,02	-	0,68±0,02
Couve portuguesa	Parte aérea	1,08±0,28	0,54±0,07	0,55±0,05	-	0,67±0,05	0,51±0,06	1,17±0,00	0,34±0,02
Couve-galega	Parte aérea	0,79±0,06	0,75±0,11	1,06±0,10	3,90±0,29	-	0,62±0,02	0,78±0,06	0,78±0,08
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	3,84±0,66	7,97±0,72	-	-	0,33±0,08
	Raiz	-	-	-	-	9,61±1,19	-	-	-
Couve lombarda	Parte aérea	-	-	-	-	7,94±2,45	-	-	-
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-
Coentros	Parte aérea	1,02±0,23	-	-	-	-	-	-	-
	Raiz	7,00±0,96	-	-	-	-	-	-	-
Aipo	Parte aérea	4,30±0,66	-	-	-	-	-	-	-
Alho francês	Parte aérea	2,01±0,23	-	-	-	-	-	0,93±0,15	-
	Raiz	3,02±0,20	-	-	7,28±0,80	-	-	4,56±0,49	-
Cebola roxa	Parte aérea	-	0,34±0,05	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	6,08±0,27	-	-	-	-	-	-

Produto hortícola	Parte da planta	Ni (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Ervilha torta	Parte aérea	-	2,10±0,34	-	-	-	-	-	-
Rábano	Parte aérea	-	0,27±0,02	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	4,16±0,72	-	-	-	-	-	-

Quadro 7.11 – Teores de Ni nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Ni (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Alface verde frisada	Folha	3,32±0,84	2,41±0,23	2,67±0,21	-	2,52±0,22	2,08±0,02	5,42±0,04	2,47±0,34
	Raiz	-	10,65±2,44	-	-	-	-	13,05±0,35	10,27±2,14
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	-	-	-	2,34±0,04
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	27,31±5,01
Alface vermelha frisada	Folha	2,94±0,18	5,72±0,41	4,58±0,21	2,08±0,12	2,59±0,21	2,51±0,07	6,19±0,47	3,49±0,53
	Raiz	-	17,35±2,13	-	-	-	-	-	43,93±3,26
Couve portuguesa	Folha	1,51±0,27	-	2,13±0,16	-	1,91±0,13	1,87±0,05	-	1,87±0,01
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	21,73±0,57
Couve-galega	Folha	1,64±0,05	1,44±0,09	2,47±0,50	1,76±0,09	1,99±0,00	2,86±0,16	2,58±0,15	1,19±0,05
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	2,09±0,11	2,13±0,07	-	-	1,61±0,07
	Raiz	-	-	-	7,86±1,33	-	-	-	22,79±0,04
Batata	Tubérculo	-	5,47±0,13	-	-	-	-	-	-
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	-	1,34±0,06
Cebola	Parte aérea	-	2,16±0,52	-	-	-	-	-	-
	Bolbo	-	1,50±0,07	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	9,25±1,40	-	-	-	-	-	-

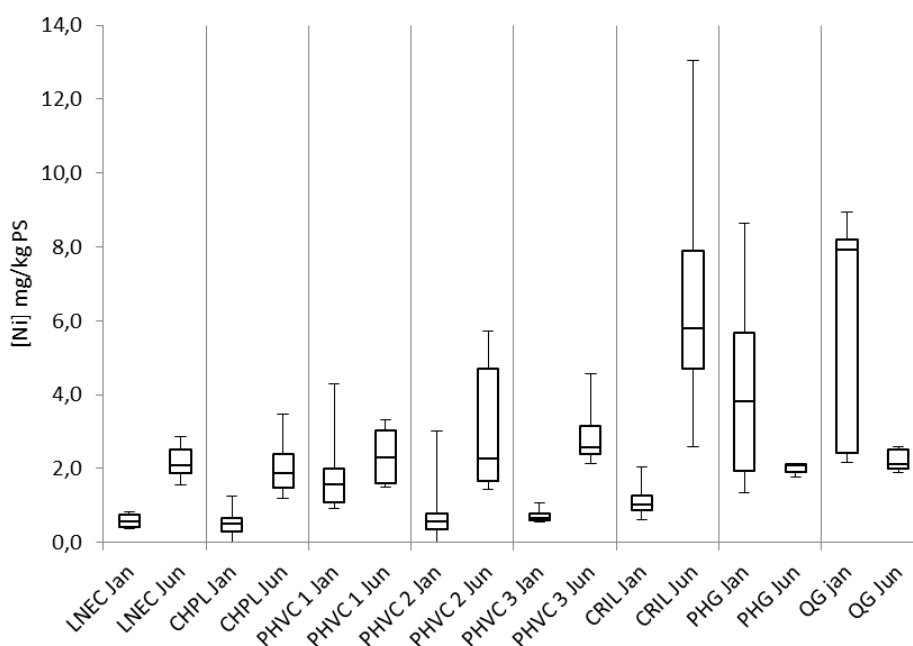


Figura 7.5 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Ni (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015

7.3.6 Zinco

O zinco é um elemento essencial para todos os seres vivos, e as concentrações típicas deste elemento na parte aérea das plantas é de 15-20 mg/kg PS de modo a evitar sintomas de deficiência (BROADLEY *et al.*, 2007). A toxicidade por excesso de zinco é muito menos frequente que os problemas decorrentes da deficiência deste elemento, mas podem ocorrer situações pontuais de contaminação de solos com excesso de zinco em determinadas situações provocadas por diversas atividades humanas, como a indústria (em particular a mineira) ou a aplicação de matérias fertilizantes contendo Zn a solos agrícolas (sejam em zonas urbanas ou não). De um modo geral consideram-se que teores superiores a 300 mg/kg PS nas folhas provocam sintomas de toxicidade nas plantas embora este valor seja muito dependente da espécie vegetal em causa, existindo plantas que demonstram toxicidade a valores mais baixos e outras que são mais tolerantes (BROADLEY *et al.*, 2007).

No Quadro 7.12 e no Quadro 7.13 apresentam-se os resultados obtidos para as determinações de Zn nas plantas colhidas em janeiro e em junho de 2015, respetivamente. De um modo geral, os valores encontram-se dentro do esperado para as espécies vegetais, verificando-se que o valor mais elevado (160,3 mg/kg) foi detetado em raízes de alface de uma horta do CHPL (colhida em junho de 2015). No entanto, na parte aérea da planta (a zona comestível) os teores foram consideravelmente mais baixos, apesar de a alface ser conhecida como uma planta tolerante e acumuladora de metais pesados.

Na Figura 7.6 apresenta-se um diagrama de extremos e quartis dos resultados obtidos para todas as partes aéreas das plantas colhidas em cada horta. Neste gráfico é visível a variabilidade dos teores de Zn nas diferentes hortas, o que é natural devido também à grande variabilidade no número e tipo de espécies analisadas. Das oito hortas analisadas, verifica-se que em seis casos os valores máximos de Zn foram obtidos na colheita de junho, sendo as duas exceções, as hortas de PHVC 2 e PHG.

Embora se tenha detetado um teor relativamente elevado de Zn nos solos da QG (cf. Capítulo 5), esse valor não se refletiu nos produtos hortícolas aí cultivados pois os teores de Zn nesses produtos encontram-se em linha com os encontrados nos outros locais analisados (Quadro 7.12).

Quadro 7.12 – Teores de Zn nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em janeiro de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Zn (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	41,0±0,8	52,7±2,2
	Raiz	-	-	-	-	-	-	44,8±2,4	
Brócolos	Parte aérea	-	28,5±0,5	-	21,5±0,2	-	-	35,6±0,1	27,0±0,7
	Caule	-	28,0±0,2	-	15,1±1,2	-	-	24,4±0,9	25,5±0,4
	Inflorescência	-	53,2±3,5	-	37,0±1,6	-	-	52,2±2,5	54,9±0,7
Alface verde frisada	Folha	40,9±0,4	45,0±1,1	50,7±1,7	-	40,6±1,4	35,3±1,9	47,9±0,6	27,1±0,3
	Raiz	-	-	-	-	-	-		19,7±0,4
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	39,7±2,8	-	-	30,9±1,5

Produto hortícola	Parte da planta	Zn (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
	Raiz	-	-	-	-	76,0±6,7	-	-	-
Alface vermelha frisada	Folha	40,6±2,1	44,9±0,8	56,9±1,2	51,5±0,6	35,0±0,5	47,5±2,9	28,9±2,7	20,6±0,6
	Raiz	30,3±1,3	-	-	30,6±1,4	37,8±2,8	-	-	-
Couve roxa	Parte aérea	21,1±0,5	-	-	13,7±0,4	-	18,2±0,6	-	26,9±0,8
Couve portuguesa	Parte aérea	26,3±0,7	24,5±0,7	23,4±0,6	-	29,0±1,0	33,2±0,3	37,2±0,4	21,0±0,7
Couve-galega	Parte aérea	32,8±0,4	28,3±0,5	26,7±0,5	29,5±1,4	34,6±2,4	43,1±0,3	34,6±1,0	28,5±0,2
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	13,7±0,4	30,7±1,2	-	-	27,1±0,3
	Raiz	-	-	-	-	68,4±3,3	-	-	-
Couve lombarda	Parte aérea	-	-	-	-	22,1±1,6	-	-	-
	Raiz	-	-	-	-	54,5±1,4	-	-	-
Coentros	Parte aérea	43,2±2,0	-	-	-	-	-	-	-
	Raiz	37,6±1,0	-	-	-	-	-	-	-
Cenoura	Parte aérea	-	-	-	-	21,2±1,3	-	-	-
	Raiz	-	-	-	-	37,0±0,6	-	-	-
Aipo	Parte aérea	42,0±2,9	-	-	-	-	-	-	-
Alho francês	Parte aérea	20,7±1,5	-	-	19,2±0,6	-	-	22,5±0,7	-
	Raiz	29,2±2,3	-	-	26,9±2,1	-	-	59,4±4,0	-
Cebola roxa	Parte aérea	-	17,3±0,6	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	56,3±5,3	-	-	-	-	-	-
Ervilha torta	Parte aérea	-	52,0±2,4	-	-	-	-	-	-
Rábano	Parte aérea	-	30,9±1,1	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	25,2±2,4	-	-	-	-	-	-
Nabo	Parte aérea	-	-	-	-	35,4±0,3	-	-	-

Quadro 7.13 – Teores de Zn nas espécies hortícolas recolhidas nas diferentes hortas de Lisboa, em junho de 2015

Produto hortícola	Parte da planta	Zn (mg/kg PS)							
		PHVC1	PHVC2	PHVC3	PHG	QG	LNEC	CRIL	CHPL
Alface verde frisada	Folha	56,3±3,5	38,2±2,7	57,8±1,0	-	51,1±2,6	92,8±1,4	72,5±0,8	62,8±1,5
	Raiz	-	41,6±2,0	-	-	-	-	37,9±2,8	55,4±3,2
Alface verde lisa	Folha	-	-	-	-	-	-	-	75,9±1,9
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	61,3±5,9
Alface vermelha frisada	Folha	84,9±3,5	41,4±3,7	91,1±7,0	29,8±1,0	79,6±4,2	104,3±1,7	81,5±5,6	72,4±5,8
	Raiz	-	52,8±3,8	-	-	-	-	-	160,3±15,0
Couve portuguesa	Folha	21,1±0,4	-	25,0±0,3	-	26,6±1,0	30,8±0,3	-	57,9±1,3
	Raiz	-	-	-	-	-	-	-	62,7±5,9
Couve-galega	Folha	46,9±1,7	19,9±0,3	29,7±1,2	19,8±0,7	26,6±0,5	26,5±0,6	29,2±0,4	29,9±1,9
Couve coração de boi	Parte aérea	-	-	-	19,1±1,3	29,0±0,5	-	-	56,5±0,9
	Raiz	-	-	-	27,6±0,8	-	-	-	50,9±2,9
Batata	Tubérculo	-	17,5±0,2	-	-	-	-	-	-
Nabiças	Parte aérea	-	-	-	-	-	-	-	34,4±0,1
	Parte aérea	-	23,3±0,5	-	-	-	-	-	-
Cebola	Bolbo	-	30,7±2,1	-	-	-	-	-	-
	Raiz	-	59,6±4,9	-	-	-	-	-	-

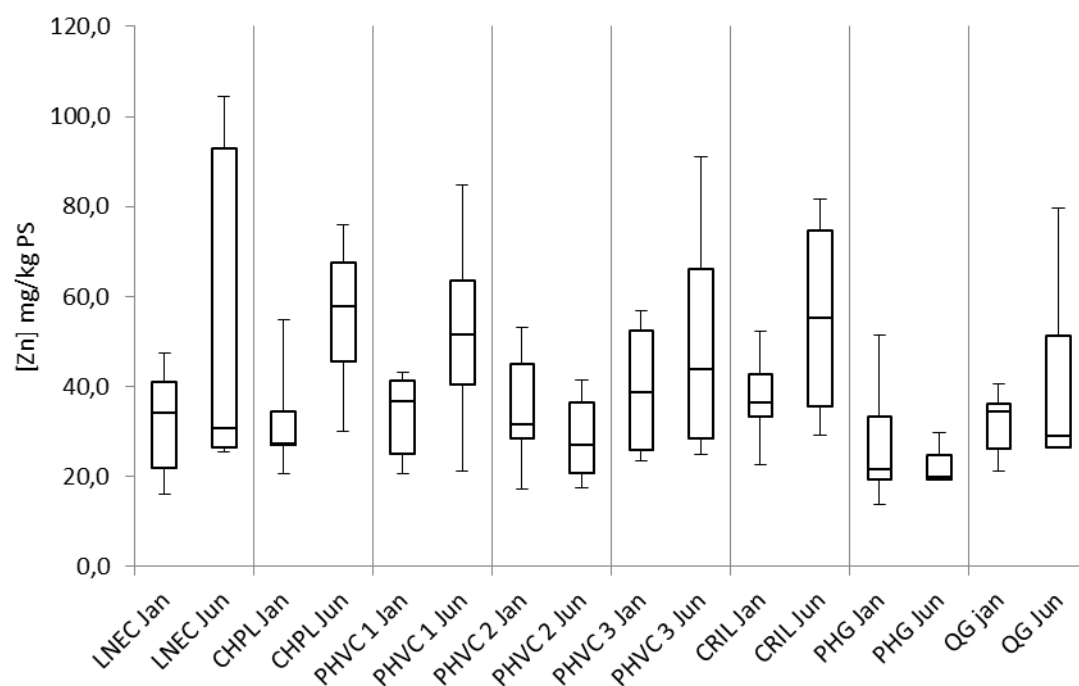


Figura 7.6 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Zn (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015

8 | Medidas de mitigação e recomendações visando a proteção da saúde pública

Neste capítulo apresenta-se um conjunto de medidas de mitigação e de recomendações visando a proteção da saúde pública em relação aos vegetais produzidos nas hortas urbanas da cidade de Lisboa, com especial incidência na Freguesia de Alvalade.

O planeamento urbano e a decisão de um local para implantação de hortas urbanas devem ter em consideração os riscos ambientais e de saúde pública resultantes das pressões existentes na cidade.

Devem evitar-se locais ambientalmente pobres, i.e. com solos contaminados, solos pobres, sem acesso a água com qualidade, com falta de biodiversidade, fraca incidência solar, entre outros, a par com outros fatores mais frequentemente considerados como o acesso por transportes públicos e a existência de infraestruturas adequadas.

No contexto do exposto, e visando proteger a saúde pública, apresenta-se o seguinte conjunto de medidas e de recomendações:

1. Para a seleção do local adequado, do ponto de vista ambiental:

- Analisar o uso histórico do local por forma a identificar potenciais riscos de poluição dos solos e da água proveniente de emissões / resíduos originados pelo uso passado.
- Avaliar o impacto das atividades atuais e infraestruturas do bairro (ar, água, contaminação direta do solo).
- Analisar a geologia subjacente para determinar o risco de poluição do solo e da água (e.g. litologia rica em minério).
- Considerar os ventos predominantes a partir de potenciais focos de poluição.
- Avaliar o potencial de inundação em zonas com risco de cheia.
- Avaliar a existência de água própria para rega e de exposição solar.
- Avaliar a qualidade dos solos utilizando indicadores base: textura, pH, matéria orgânica, nutrientes (N e P) e condutividade elétrica.
- Avaliar a contaminação dos solos em relação a metais pesados e PAH.
- Pensar em soluções alternativas no caso de haver poluição do solo, utilizando, p.e. caixas onde é colocado solo não poluído.

2. Para a adequação das práticas agrícolas:

- Fazer corretamente rotações de culturas, contribuindo para a manutenção da fertilidade do solo e para a redução da ocorrência de pragas e doenças.
- Selecionar o tipo de fertilizante mais adequado a cada situação e fazer a sua aplicação no momento que minimize as perdas de nutrientes.

- Garantir que o teor de matéria orgânica é adequado, visto que uma maior quantidade de matéria orgânica no solo contribui, de uma maneira geral, para uma menor disponibilidade de metais pesados para as plantas.
- Adequar as dotações e frequência de rega de rega à capacidade de armazenamento de cada solo e à demanda climática.
- Aumentar o apoio prestado aos hortelãos relativamente às adubações e às plantações.

As medidas e recomendações referidas no ponto 2, são desenvolvidas num manual apresentado em conjunto com o presente relatório (Anexo VI).

3. Para a uma melhor seleção das espécies em áreas potencialmente contaminadas:

- Cobrir a horta com uma camada de solo comprovadamente não contaminado onde serão instalados os produtos hortícolas.
- Considerar que a adição de matéria orgânica ao solo (tal como muitos resíduos, estrume ou matéria compostada, desde que não esteja contaminada) pode reduzir bastante a contaminação dos vegetais, já que as substâncias contaminantes tendem a ficar retidas nessa matéria orgânica.
- Considerar que a adição de substâncias que aumentem o pH do solo (ou seja, reduzem a sua acidez) pode também conduzir a uma menor contaminação das plantas.
- Evitar o cultivo de hortícolas para consumo, caso os limites aconselhados para os teores de contaminantes nos solos excedam os estabelecidos por lei ou pelas melhores normas internacionais.
- Evitar plantar hortícolas com maior capacidade para absorver metais pesados nas partes edíveis, como a alface couve, espinafre e ervas aromáticas, em áreas potencialmente mais contaminadas.
- Evitar o cultivo de plantas cuja parte edível seja subterrânea (como a batata, nabo e cenoura) em solos mais contaminados e, em qualquer caso, proceder ao descasque do tubérculo ou da raiz.
- Atender a que as espécies que apresentam menor risco de contaminação da cadeia alimentar são aquelas em que a parte comestível é o fruto (como o tomate, feijão e pimento), devido ao menor teor de contaminantes que se acumulam neste órgão da planta.
- Proceder, no caso em que o cultivo de plantas cuja parte edível seja subterrânea, sempre ao descasque do tubérculo ou da raiz, antes da sua preparação culinária ou do seu consumo em fresco.
- Descartar as folhas mais velhas ou as folhas mais externas dos vegetais.

4. Procedimentos globais de boas práticas:

- Evitar utilizar na horta quaisquer materiais potencialmente contaminantes, como por exemplo traves de madeira tratadas quimicamente ou provenientes de linhas de caminho-de-ferro.

- Criar uma barreira de arbustos a separar a zona de cultivo de hortícolas de potenciais fontes de contaminação, por exemplo caso a horta se encontre perto de estradas bastante movimentadas.
- Proceder, em todas as situações, a uma cuidada lavagem de todos os vegetais com água antes da sua ingestão ou da sua preparação culinária.
- Usar calçado específico para a horta de modo a não levar partículas de terra para casa ou para o carro.
- Lavar as mãos imediatamente após as atividades de jardinagem, especialmente antes de comer; preferencialmente, todas essas atividades devem ser efetuadas usando luvas.
- Ensinar as crianças que não devem levar as mãos sujas de terra à boca nem consumir produtos vegetais não lavados.

9 | Conclusões

Apresenta-se uma análise dos resultados obtidos para a qualidade da deposição atmosférica, dos estrumes, dos solos, das águas intersticiais (zona vadosa) e das espécies vegetais em seis hortas urbanas localizadas em Lisboa, atendendo ao contexto da sua localização, às práticas agronómicas e a natureza intrínseca da qualidade dos solos.

Os resultados obtidos para a qualidade da deposição atmosférica mostram que, além dos elementos mais comuns na litosfera (alumínio, ferro e manganês), os metais que apresentam maiores concentrações são o boro, bário e zinco, seguidos do cobre, chumbo, níquel, arsénio, vanádio, crómio e cobalto, presentes em quase todos os locais e datas de amostragem. Em relação aos hidrocarbonetos analisados, o LNEC e a CRIL, e possivelmente o CHPL em maior escala que os anteriores (atendendo a que foi diluída a deposição seca), foram os locais onde se encontraram mais hidrocarbonetos nas águas de deposição atmosférica. O conjunto de concentrações obtidas são relativamente baixas. Apenas a título comparativo, uma vez que não é diretamente comparável, a maioria destas concentrações apresentam valores abaixo da referência para águas subterrâneas potáveis definida para as normas do Canadá.

A origem da maioria destes elementos deverá estar essencialmente associada à contaminação rodoviária (cf. secção 4.2.1). Para quase todos os elementos, a deposição atmosférica da CRIL é a que apresenta concentrações mais elevadas. Para as restantes hortas não se observam variações significativas entre locais.

Os resultados obtidos para a qualidade do composto comercial fertilizante, à base de estrume de cavalo, mostram que o produto testado se inclui na classe mais baixa proposta para os fertilizantes compostos, o que significa que a sua aplicação ao solo não constitui uma fonte de metais pesados.

As águas utilizadas para a rega com origem no poço e na mina da Quinta da Granja, não revelaram concentrações em metais pesados. No entanto, a água dos poços (QG e LNEC) apresenta uma condutividade elétrica (CE) superior ao valor máximo recomendado (VMR), de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto o teor em NO_3^- da água da mina da QG apresenta valor superior ao VMR (25 mg/L) e inferior, mas muito próximo, ao valor máximo admissível (VMA), de 50 mg/L.

Os resultados obtidos para a qualidade dos solos mostram que as amostras de solo da horta da CRIL são as que apresentam concentrações mais elevadas para a maioria dos metais pesados (Mn, Ba, Sr, V, Cr, Ni e Co), com exceção para as concentrações em Zn, Cu e em Pb, cujos valores mais elevados são encontrados na Quinta da Granja. Não se observam alterações significativas na qualidade dos solos nem entre diferentes épocas de análise (janeiro e julho) nem para as duas profundidades analisadas (0-5 cm e 20-30 cm). Este facto deverá ser o resultado do solo ser um meio de acumulação continuada de poluição e de haver homogeneização dos solos até à profundidade usualmente lavrada.

Existem diversos elementos cuja concentração no solo está acima do respetivo valor limite (Ba, Pb, Cr, Ni, V, Zn), em especial para amostras de solos da CRIL e da Quinta da Granja. Atendendo aos elementos cujas concentrações são mais elevadas nos solos analisados, a sua origem poderá ter origem no tipo de rocha-mãe, mas também na sua localização junto a estradas.

Os hidrocarbonetos encontrados nos solos amostrados apresentam concentrações que apenas ultrapassam a legislação do Canadá para o benzo(a)pireno, em duas amostras, ambas da Quinta da Granja.

Os resultados obtidos para a qualidade das águas da zona vadosa do solo mostram que, com a exceção do Ni, cujas concentrações no PHG surgem ligeiramente acima do legislado no Canadá para águas subterrâneas potáveis, todas as águas apresentam valores abaixo do legislado para águas subterrâneas potáveis (não sendo este não é o propósito destas águas), uma vez que os processos de diluição e de retenção dos poluentes ainda diminuirão, em muito, estas concentrações antes de atingirem as águas subterrâneas. Não foram encontrados hidrocarbonetos em nenhuma das amostras de água das cápsulas instaladas na zona vadosa, nem aos 30 cm nem aos 60 cm.

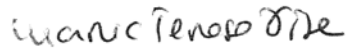
As análises efetuadas aos produtos hortícolas recolhidos nas hortas em estudo revelam que as concentrações dos metais pesados analisados podem ser considerados dentro da normalidade para a generalidade das espécies vegetais estudadas, nomeadamente em relação à sua parte edível. Os casos onde foi detetado um teor elevado de alguns dos metais estudados foi episódico e não indiciam contaminação das hortas analisadas, o que é confirmado pelas análises dos solos.

Como conclusão final refere-se que, apesar das concentrações dos diversos elementos analisados em solos e em águas terem excedido os valores recomendados nalguns locais (com especial incidência para a CRIL e Quinta da Granja), a qualidade dos produtos hortícolas raramente apresentou contaminação. Atendendo ao risco de poluição cumulativa dos elementos estudados, recomenda-se manter uma monitorização da qualidade dos solos, das águas e dos produtos hortícolas nos próximos anos, por forma a fazer uma análise e previsão da evolução da situação na cidade de Lisboa.

Lisboa, LNEC, janeiro de 2016

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e
Estruturas Hidráulicas



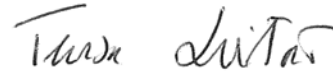
Teresa Viseu

A Diretora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente



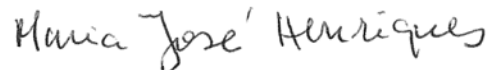
Rafaela de Saldanha Matos

AUTORIA



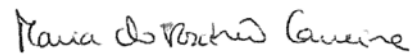
Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação



Maria José Henriques

Técnica Superior



Maria do Rosário Cameira

Professora Associada do ISA



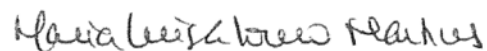
Miguel Mourato

Professor Auxiliar do ISA



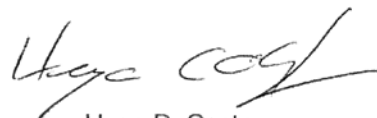
Isabel Rodrigo

Professora Associada do ISA



Luísa Louro Martins

Vice-Presidente do CG do ISA



Hugo D. Costa

Aluno de Mestrado do ISA



João Miguel Pacheco

Aluno de Mestrado do ISA

Referências bibliográficas

http://www.cmlisboa.pt/fileadmin/VIVER/Ambiente/Hortas_Urbanas/ParqueHorticolaLisboa.JPG

- BARBOSA, A.E. e HVITVED-JACOBSEN, T., 1999 - **Highway Runoff and Potential for Removal of Heavy Metals in an Infiltration Pond in Portugal**. Science of the Total Environment 235: 151-159.
- BROADLEY, M. R., WHITE, P. J., HAMMOND, J. P., ZELKO, I. e LUX A., 2007 - **Zinc in Plants**. New Phytologist 173 (4):677-702.
- CARTER, M.R. e GREGORICH, E.G., 2008 - **Soil Sampling and Methods of Analysis**. 2.^a ed. Canadian Society of Soil Science. CRC Press.
- CHATTERJEE, J. e CHATTERJEE, C., 2000 - **Phytotoxicity of Cobalt, Chromium and Copper in Cauliflower**. Environmental Pollution 109 (1):69-74.
- CLEMENS, S., AARTS, M. G. M. THOMINE, S. e VERBRUGGEN, N., 2013 - **Plant Science: the Key to Preventing Slow Cadmium Poisoning**. Trends in Plant Science 18 (2):92-99.
- COSTA, J.B. 1968. **Caracterização e Constituição do Solo**. Fundação Caloust Gulbenkian.
- CUNHA-QUEDA, C., 2007 - **Qualidade dos Compostos Existentes no Mercado**. Trabalho apresentado no evento "A qualidade dos correctivos agrícolas orgânicos comercializados em Portugal : Interesse para o solo e para as culturas", Lipor, Baguim do Monte, 28 de Novembro de 2007.
- DELRIEU, D. e MARS, B., 2007 - **Problématique de la Pollution des Sols Aéroportuaires. Note Technique sur la Problématique de la Pollution des Sols Aéroportuaires**. Direction Générale de l'Aviation Civile. Service Technique de l'Aviation Civile. Note sol-aéroportuaires-V1R0-23032007. Toulouse, 44 pp.
- FOLKESON, L., BAEKEN, T., BRENČIČ, M., DAWSON, A., FRANCOIS, D., KURIMSKA, P., LEITÃO, T., LIČBINSKY, R., VOJTEČEK, M., 2008 - **Capítulo 6 - Contaminants of Water in the Pavement**. In: Dawson, 2008: "Water Movement in Road Pavements and Embankments". Springer Verlag, pp. 107-146
(<http://www.springer.com/earth+sciences+and+geography/hydrogeology/book/978-1-4020-8561-1>).
- GALLEGO, S. M., PENA, L. B. BARCIA, R. A. AZPILICUETA, C. E. LANNONE, M. F. ROSALES, E. P. ZAWOZNIK, M. S., GROPPA, M. D. e BENAVIDES M. P., 2012 - **Unravelling Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants: Insight into Regulatory Mechanisms**. Environmental and Experimental Botany 83:33-46.
- GUPTA, D. K., HUANG, H. G. e CORPAS, F. J., 2013 - **Lead Tolerance in Plants: Strategies for Phytoremediation**. Environ Sci Pollut Res Int 20 (4):2150-2161.

- HIRD, A. *et al.*, 2000 - **POLMIT Pollution of Groundwater and Soil by Road and Traffic Sources: Dispersal Mechanisms, Pathways and Mitigation Measures**. Final Report.
- HURSTHOUSE, A., TOGNARELLI, D., TUCKER, P., AJMONE MARSAN, F., MARTINI, C., MADRID, L., MADRID, F. e DIAZ-BARRIENTOS, E., 2004 - **Metal Content of Surface Soils in Parks and Allotments from Three European Cities: Initial Pilot Study Results**. Land Contamination & Reclamation, 12 (3), 2004.
- JAMES, C., 1999 – **The Impact of Pollutants from Roads and Vehicles on the Local Natural Environment**. POLMIT Project Report, PR/SE/603/99, RO-97-SC.1027. Transport Research Laboratory, 1999, 131 pp.
- KABATA-PENDIAS, A., 2001 - **Trace Elements in Soils and Plants**. CRC Press Taylor & Francis Group, 505 pp.
([http://www.petronet.ir/documents/10180/2323242/Trace Elements in Soils and Plants](http://www.petronet.ir/documents/10180/2323242/Trace%20Elements%20in%20Soils%20and%20Plants))
- LE DEAN, A., TABARD, L. e LEGRET, M., 1995 - **Pollution des Eaux de Ruissellement sur les Aéroports, Origine et Traitement**. Étude bibliographique, LCPC, STBA, 129 pp.
- LEITÃO, T.E., 2010 - **Gestão Integrada e Sustentável da Qualidade das Águas Subterrâneas em Portugal. Contributos para um Bom estado em 2015**. Trabalho apresentado para obtenção do Título de Habilitado para o exercício de funções de coordenação de investigação científica, publicado nas Teses e Programas de Investigação do LNEC, TPI 63, ISBN 978-972-49-2191-4, Lisboa, 2010, 346 pp.
(http://livraria.lnec.pt/eng/php/livro_ficha.php?cod_produc_tirag=5371292).
- LEITÃO, T.E., BARBOSA, A.E., HENRIQUE, M.J., IKÄVALKO, V.M., MENEZES, T., 2005 – **Avaliação e Gestão Ambiental das Águas de Escorrência de Estradas. Relatório Final**. 109/05 NAS/DHA, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 243 pp.
- LEITÃO, T.E., HENRIQUES e M.J., BARBOSA, A.E., 2008 - **Avaliação da Eficácia das Medidas de Minimização de Impactes Ambientais Implementadas em Portugal. Componente Recursos Hídricos e Solos. Relatório Final Sectorial**. Relatório 199/2008-NAS, LNEC, 98 pp. http://www-ext.lnec.pt/LNEC/bibliografia/DHA/Relatorio_Final_Recursos_hidricos_solos.pdf
- LEITÃO, T.E., LEHMANN, N., SMETS, S., LOBO FERREIRA, J.P.C. HOLM, P., 2000a - **WP2/4 Pollution from Roads and Vehicles and Dispersal to the Local Environment: Mass Flux and Mass Balance Calculations; Assessment of Pollution of Groundwater and Soils by Road and Traffic Sources**. LNEC e VKI, Abril de 2000, 47 pp.
- LEITÃO, T.E., LOBO FERREIRA, J.P., SMETS, S. e DIAMANTINO, C., 2000b - **A Poluição Ambiental Causada por Estradas**. O Projecto POLMIT, in "A Qualidade Rodoviária na Viragem do Século", Vol. I, pp. 27-38.
- LOBO FERREIRA, J.P., HENRIQUES, M.J., MARTINS, T., LEITÃO, T.E., NOVO, M.E., OLIVEIRA, M.M., OLIVEIRA, L.S.G., POPE, L., 2012 – **Estudo da Viabilidade de Utilização das Águas Subterrâneas do Campus do LNEC, nomeadamente para Abastecimento aos Modelos**

- Físicos do Pavilhão da Hidráulica Marítima.** Estudo elaborado no Âmbito do Projeto DHA Solidário e do PIP 2009-2012 “Obras de Engenharia e Hidrogeologia Urbana”. DHA-NAS, LNEC, Lisboa, Novembro, 118 pp.
- LQARS, 2006 - **Manual de Fertilização das Culturas.** Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- MERIAN, E., 1991 – **Metals and Their Compounds in the Environment. Occurrence, Analysis and Biological Relevance.** VCH, Alemanha, ISBN 3-527-26521-X, 1438 pp.
- MOITINHO DE ALMEIDA, F., 1986 - **Carta Geológica do Concelho de Lisboa, Folha 1, 2 3 e 4, Escala 1:10 000.** Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal.
- NABULO, G., BLACK, C. R. CRAIGON, J. e YOUNG S. D., 2012 - **Does Consumption of Leafy Vegetables Grown in Pen-Urban Agriculture Pose a Risk to Human Health?** Environmental Pollution 162:389-398.
- OLIVEIRA, M.M., 2004 e 2006 – **Recarga de Águas Subterrâneas: Métodos de Avaliação.** Doutoramento em Geologia (Hidrogeologia), Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, 440 pp., 2004. Teses e Programas de Investigação – TPI 42, ISBN 972-49-2093-3, Editora LNEC, 2006.
- PAIS, J., MONIZ, C., CABRAL, J., CARDOSO, J., LEGOINHA, P., MACHADO, S., MORAIS, M. A., LOURENÇO, C., RIBEIRO, M. L., HENRIQUES, P. & FALÉ, P., 2006 - **Notícia Explicativa da Carta geológica 1:50.000, nº 34-D, Lisboa.** Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. 74 pp.
- Regulamento CE n.º 629/2008, de 2 de Julho de 2008 que altera o **Regulamento (CE) n. 1881/2006 Que Fixa os Teores Máximos de Certos Contaminantes Presentes nos Géneros Alimentícios**
- RICHARDS, L. A. & M. Fireman, 1943. **Pressure Plate Apparatus for Measuring Moisture Sorption and Transmission by Soils.** Soil Sci. 56: 395-404.
- SANSALONE, J.J. e BUCHBERGER, S.G., 1997 - **Partitioning and First Flush of Metals in Urban Roadway Storm Water,** in "Journal of Environmental Engineering", pp. 327-323.
- SANTOS, J.Q. 2012 - **Fertilização.** 4.^a ed. Publicações Europa-América.
- SHANKER, A. K., CERVANTES, C. LOZA-TAVERA, H. e AVUDAINAYAGAM. S., 2005. **Chromium Toxicity in Plants.** Environment International 31 (5):739-753.
- SILVA, A. A., A. J. S. ALVIM e M. J. SANTOS, 1975 - **Métodos de Análise de Solos, Plantas e Águas.** *Pedologia, Oeiras*, 10 (3).
- SILVA, H. F. A., 2006 - **Quantificação de Emissões Metálicas em Ambiente Urbano Originadas pela Utilização de Catalisadores em Veículos Automóveis.** Tese de Mestrado em Química Analítica Aplicada, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

- SINGH, H., MAHAJAN, P. KAUR, S. BATISH, D. e KOHLI, R., 2013 - **Chromium Toxicity and Tolerance in Plants**. Environmental Chemistry Letters 11 (3):229-254.
- S.R.O.A., 1971 – **Carta dos Solos de Portugal. Classificação e Caracterização dos Solos de Portugal. Dados analíticos das Unidades Pedológicas**. Ministério da Economia, Secretaria de Estado da Agricultura, Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, Volume II, 6.^a Edição.
- S.R.O.A., 1973 – **Carta dos Solos de Portugal. Classificação e Caracterização dos Solos de Portugal**. Ministério da Economia, Secretaria de Estado da Agricultura, Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, Volume II, 6.^a Edição.
- STAKMAN, W. P., 1974 - **Measuring Soil Moisture**. In: Drainage Principles and Applications. Int. Inst. Ld. Reclam., Publication 16 (3): 221-251, Wageningen.
- STOLTE, J., 1997 - **Determination of the Saturated Hydraulic Conductivity using the Constant Head Method**. In J. Stolte (ed.). Manual for soil physical measurements. Technical document 37, DLO Winand Staring Centre, Wageningen.
- SZOLNOKI, Z. e FARSANG, A., 2013 - **Evaluation of Metal Mobility and Bioaccessibility in Soils of Urban Vegetable Gardens Using Sequential Extraction**. Water Air and Soil Pollution 224 (10).
- TEDESCO, S., 2013 - **Avaliação das Práticas de Gestão da Rega e Fertilização nas Hortas Urbanas de Lisboa: Experimentação e Modelação Contributos para uma Agricultura Urbana e Ambientalmente Sustentável**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, 2013.
- TELLES, G. R., 1997. **Plano Verde de Lisboa**, Edições Colibri.
- TOLEDO MACHADO, C.T. e TOLEDO MACHADO, A., 2004 - **Agricultura Urbana e Periurbana: Benefícios e Riscos Potenciais**. Embrapa Cerrados, Brasil.
- YRUELA, I., 2009 - **Copper in Plants: Acquisition, Transport and Interactions**. Functional Plant Biology 36 (5):409-430.
- YUSUF, M., FARIDUDDIN, Q., HAYAT, S. e AHMAD, A., 2011 - **Nickel: An Overview of Uptake, Essentiality and Toxicity in Plants**. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 86 (1):1-17.

Anexos

ANEXO I

Tipo de solos nas áreas de estudo resultante da associação geologia/solo

	Designação Carta Geológica 1:10000 de Lisboa	Formação	Litologia	Designação Carta geológica 34D de Lisboa	COD_SOLO (SROA)	Descrição (SROA)	Tipo de solo
Quaternário	a	Aluvião	Depósitos areno-silto-argilosos, com frações mais arenosas e siltosas grosseiras, por vezes com matéria orgânica (ocorrem associados aos vales das principais ribeiras (Alcântara, Benfica, Chelas	a	a	Solos incipientes, aluviossolos modernos de textura mediana	Aluvionares
Miocénico	M ⁴ VIIb	Areaolas de Cabo Ruivo	Areias finas e médias, argilosas e arenitos. Podem também ocorrer argilitos muito micáceos de tom azulado escuro ou anegado. Na parte superior surgem calcarenitos fossilíferos e grosseiros	MCR	Vt	Litólicos, não húmicos, pouco insaturados normais, de arenitos grosseiros	Arenosos
	M ⁴ VIIa	Areaolas do Braço de Prata	Alternâncias de arenitos finos, areias finas e bancadas pouco espessas de calcários margosos muito fossilíferos. Os principais afloramentos situam-se entre o Poço do Bispo e Braço de Prata. São nativas do Tortoniano.	MBp	Vt	Litólicos, não húmicos, pouco insaturados normais, de arenitos grosseiros	Calcarenícos
	M ⁴ VIc	Calcários de Marvila	Constituída no topo por areias finas, silto argilosas (areaolas) mais ou menos consolidadas, argilas siltosas e estrados de calcário margoso conquífero intercalados e na base por arenitos micáceos, com cimento calcário, muito compactos, bastante fossilíferos, formando duas camadas muito regulares."	MMV	Vt	Litólicos, não húmicos, pouco insaturados normais, de arenitos grosseiros	Calcarenícos
	M ³ VIb	Arenitos de Grilos	Arenitos rijos, com forte conteúdo fossilífero, por vezes grosseiros com uma matriz argilosa mais ou menos abundante e cimento calcário ou ferruginoso. Têm uma cor predominantemente amarela ou vermelha devido aos óxidos de ferro.	MGr	Vt	Litólicos, não húmicos, pouco insaturados normais, de arenitos grosseiros	Calcarenícos
	M ³ VIa	Argilas de Xabregas	Alternância de argilas, margas, arenitos e calcários mais fossilíferos no topo. As cores dominantes são o azul e amarelo	Mxa	Vt	Litólicos, não húmicos, pouco insaturados normais, de arenitos grosseiros	Argilosos

M³Vc	Calcários da Quinta das Conchas	Estratos finos, tabulares de biocalcarenitos grosseiros com concentrações de valvas de ostras, seguidos de biocalcarenitos alternando com argilas siltosas encimados por arenitos e areolas. Afloram entre a avenida D. Afonso III, Xabregas e Chelas prolongando-se em direcção ao Aeroporto	MQC	Vt	Litólicos, não húmicos, pouco insaturados normais, de arenitos grosseiros	Calcareníticos
M³Vb	Areias do Vale de Chelas	Areias e arenitos medianamente grosseiras, com intercalações de leitos calcários e frequentemente de leitos ferruginosos	MVC	Vt	Litólicos de arenitos grosseiros	Calcareníticos
M³Vc	"Calcários da Musgueira"	Biocalcarenito, biocalcarenito arenoso, arenitos finos micáceos (aloram na área do aeroporto de Lisboa)	MMu	PCs	Solos calcários de margas	Calcareníticos
M²Va2	"Areias com Placuna miocénica"	Areias amarelas fluviais, com seixos rolados e argilas arenosas com vegetais e ostras, areias eólicas associadas a finos leitos de argila	MPm	Rc	Solos calcários de materiais arenáceos calcários pouco consolidados	Solos arenosos
M²Va1	"Calcários de Casal Vistoso"	Bancada carbonatada, gresosa, às vezes grosseira, rica em moluscos e algas rodófitas, biocalcarenitos	MCV	Pc	Solos calcários de calcários não compactos	Calcareníticos
M²IVb	"Areias da Quinta do Bacalhau"	Depósitos progradantes de areias arcóicas fluviais, com bancadas de argilitos correspondentes a canais e a depósitos pelíticos de planície de inundação	MQB	Rc	Solos calcários de materiais arenáceos calcários pouco consolidados	Arenosos
M²IVa	"Argilas do Forno do Tijolo"	Areias finas argilosas piritosas de cor cinzento azulado com fósseis, arenitos finos e siltitos (afloram na área do LNEC e do CPHL)	MFT	Pca	Solos calcários de formações argiláceas associadas a depósitos calcários	Argilosos
M²III	"Calcários de Entrecampos (Banco Real)"	Biocalcarenitos, com fracção detrítica abundante, às vezes argilosos, ricos de moldes e fragmentos de moluscos, passando no topo a areias muito finas a siltitos argilosos de cor cinzenta	MEC	Pcs	Solos calcários de margas	Calcareníticos
M¹II	"Areolas da Avenida da Estefânia"	Areias finas, areias argilosas, argilitos e bancos de biocalcarenitos	MES	Pcs	Solos calcários de margas	Calcareníticos

	M'I	"Camadas dos Prazeres"	Argilas e margas, argilitos, níveis carbonosos com vegetais e gesso, no topo, níveis arenosos finos a médios micáceos, argilitos arenosos	MPr	Pcs	Solos calcários de margas	Argilosos
Oligocénico	O	Formação de Benfica	Níveis de arenitos argilosos, argilas e pontualmente margas argilosas predominantemente de cores avermelhadas.	OBf	Vt		Argilosos
	B	Complexo vulcânico de Lisboa (intercalações vulcano-sedimentares)	Derrames basálticos com intercalações de materiais piroclásticos	B	Cb	Barros Castanho-Avermelhados, não Calcários, de basaltos ou doleritos ou outras rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas - associados aos Basaltos do Complexo Vulcânico de Lisboa;	Argilosos (de basaltos)
Cretácico	C3c	Calcários cristalizados com rudistas e calcários apinhoados com Neolobites	Calcários por vezes rijos, calcários margosos, calcários apinhoados, margas, calcários cristalinos e calcários recifais	C2Bi	Pcd	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Para-Litossolos, de outros calcários compactos – associados a Calários e Calcários e margas	Carbonatados
	C2c	Calcários margosos e margas	argilas por vezes calcárias, calcários argilosos e margas, que para o topo passam a calcário argilo-dolomítico, calcário dolomítico compacto	C2Cn	Pcd	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Para-Litossolos, de outros calcários compactos – associados a Calários e Calcários e margas	Carbonatados

ANEXO II

Resultados das análises de amostras da deposição seca

AValiação da Qualidade dos Solos, das Águas Subterrâneas e das Espécies Hortícolas em Hortas Urbanas de Lisboa. Identificação de Medidas de Mitigação visando a Proteção da Saúde Pública

Relatório Final

Local		CRIL	CRIL	CHPL	PHVC	PHVC	PHG	LNEC	LNEC
Data	Unidade	17/06/2015	18/09/2015 (diluída em 0,8 L)	17/06/2015 (diluída em 1 L)	17/06/2015	18/09/2015	17/06/2015	17/06/2015	18/09/2015
NH4	mg/L	1	<0,05	5	2,55	2,83	<0,8	17	14
	mg/L	0,778	<0,04	3,88	1,98	2,2	<0,62	13,2	10,9
	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
NO3	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	mg/L	0,0173	1,71	<0,002	0,0025	0,0329	<0,05	<0,002	<0,01
NO2	mg/L	0,0568	5,62	<0,005	0,0081	0,108	<0,164	<0,005	<0,0329
PO4	mg/L	13,6	1,88	2,08	0,518	0,651	50,1	2,85	3,41
Ca	mg/L	120	15,8	40,7	75,3	37,6	192	108	276
K	mg/L	204	0,558	6,9	13,2	3,66	315	25	176
Mg	mg/L	41,3	1,6	3,02	8,24	2,96	56	21,6	188
Na	mg/L	22,9	0,554	7,76	23,7	12,4	69	79,9	1130
Acenafeno	µg/L	<0,01	<0,01	0,015	0,019	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acenaftileno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Antraceno	µg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,047	<0,01	0,012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno	µg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno	µg/L	0,025	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,187	<0,01
Fenantreno	µg/L	0,063	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,127	0,038
Fluoranteno	µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno	µg/L	0,03	<0,02	0,024	<0,02	<0,02	<0,02	0,044	<0,02
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Naftaleno	µg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pireno	µg/L	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Soma 16 PAH	µg/L	<0,37	<0,37	<0,37	<0,37	<0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Soma 4 PAH	µg/L	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Soma 6 PAH (WHO)	µg/L	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Soma PAH (MoE)	µg/L	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19
Ag	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Al	mg/L	2,85	0,914	0,054	0,444	2,17	0,285	0,056	0,906
As	mg/L	0,0088	<0,005	<0,005	0,0098	<0,005	0,0148	<0,005	0,0125
B	mg/L	0,273	<0,01	0,044	0,083	0,038	0,357	0,078	0,396
Ba	mg/L	0,259	0,046	0,0316	0,029	0,0478	0,141	0,0943	0,113
Be	mg/L	0,00048	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,00069	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cd	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Co	mg/L	0,0162	<0,002	<0,002	0,0021	0,0032	0,0146	<0,002	<0,002
Cr	mg/L	0,0071	0,0021	0,001	<0,001	0,0019	0,0045	0,0011	0,0035
Cu	mg/L	0,0316	0,0127	0,0247	0,0018	0,0231	0,0212	0,005	0,008
Fe	mg/L	6,8	0,891	0,934	4,58	1,66	2,74	0,181	1,54
Li	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0016	0,005	0,168
Mn	mg/L	1,19	0,177	0,0758	0,67	0,118	0,792	0,172	0,156
Mo	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ni	mg/L	0,0346	<0,002	0,0049	<0,002	0,0042	0,0221	<0,002	0,0038
Pb	mg/L	0,03	0,0067	<0,005	<0,005	0,0262	<0,005	<0,005	0,0112
Sb	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Se	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ta	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
V	mg/L	0,0545	0,0027	0,001	0,0014	0,005	0,0074	<0,001	0,0014
Zn	mg/L	0,264	0,0598	0,019	<0,002	0,0735	0,0634	0,0421	0,125

ANEXO III

Resultados das análises de amostras de solos, amostragem de base

Local	LTNEC 0-5 cm	LTNEC - 25-30 cm	LTNEC 0-5 cm	LTNEC 20 cm	PHG 0-5 cm	PHG 25-30 cm	PHG 0-5 cm	PHG 20 cm	QG 0-5 cm	QG 25-30 cm	QG 0-5 cm	QG 20 cm	CHPL 0-5 cm	CHPL 25-30 cm	CHPL 0-5 cm	CHPL 20 cm	PHVC 0-5 cm	PHVC 25-30 cm	PHVC 0-5 cm	PHVC 20 cm	CRIL 0-5 cm	CRIL 25-30 cm	CRIL 0-5 cm	CRIL 20 cm
Data	12/01/2015	12/01/2015	17/06/2015	17/06/2015	12/01/2015	12/01/2015	17/06/2015	17/06/2015	12/01/2015	12/01/2015	17/06/2015	17/06/2015	12/01/2015	12/01/2015	17/06/2015	17/06/2015	12/01/2015	12/01/2015	17/06/2015	17/06/2015	12/01/2015	12/01/2015	17/06/2015	17/06/2015
NH4	4,39	3,58	2,51	2,97	3,54	3,9	3,38	3,1	2,91	2,95	3,08	3,61	3,5	3,03	4,33	3,69	3	3,01	3,37	3,33	2,54	2,79	2,87	3,35
Amonia N	3,41	2,78	1,95	2,31	2,75	3,03	2,63	2,41	2,26	2,29	2,39	2,81	2,72	2,36	3,36	2,87	2,33	2,34	2,62	2,59	1,98	2,16	2,22	2,6
Nitrato N	8,7	6,1	27,1	8	42,9	13,1	34	7,7	41,6	28,9	50,4	71,4	66,5	26,1	92,7	55,4	21,1	18	125	53,7	19,1	9,6	12	25,8
NO3	38	27	120	36	190	58	150	34	184	128	223	316	294	116	410	245	93	80	554	238	84	42	53	114
Nitrato N	3,41	0,033	0,058	0,022	0,055	0,174	0,216	0,032	0,028	0,023	0,064	0,028	0,047	0,033	0,05	0,042	0,055	0,022	0,051	0,02	0,12	0,038	0,446	0,274
NO2	11,2	0,11	0,19	0,073	0,18	0,571	0,711	0,105	0,09	0,076	0,21	0,092	0,155	0,11	0,166	0,139	0,18	0,072	0,167	0,067	0,394	0,127	1,47	0,901
PO4	482	247	409	384	473	303	324	212	1800	1690	2060	2020	577	405	851	642	363	313	453	302	1550	1500	1790	1440
Matéria seca @ 105°C	78,70%	91,70%	92,70%	89,90%	86,60%	89,00%	94,00%	90,70%	81,00%	84,80%	70,50%	85,40%	82,40%	86,40%	82,00%	79,10%	87,80%	85,60%	89,90%	85,00%	89,00%	86,80%	90,50%	88,80%
Humidade	21,30%	8,28%	7,28%	10,10%	13,40%	11,00%	5,96%	9,32%	19,00%	15,20%	29,50%	14,60%	17,60%	13,60%	18,00%	20,90%	12,20%	14,40%	10,10%	15,00%	11,00%	13,20%	9,48%	11,20%
Acenafeno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acenafileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)antraceno	<0,01	<0,01	0,012	0,015	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,079	0,043	0,042	0,088	0,023	0,024	0,037	0,037	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,012	0,03	<0,01	0,011
Benzo(a)pireno	<0,01	<0,01	0,016	0,024	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,093	0,052	0,065	0,124	0,043	0,042	0,054	0,055	0,011	<0,01	0,014	<0,01	0,016	0,034	<0,01	0,014
Benzo(b)fluoranteno	<0,01	0,012	0,022	0,033	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	0,096	0,076	0,156	0,061	0,061	0,08	0,075	0,014	0,012	0,017	<0,01	0,019	0,031	0,014	0,018
Benzo(g,h,i)perileno	<0,01	<0,01	0,013	0,022	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,062	0,052	0,065	0,102	0,042	0,041	0,05	0,046	0,01	<0,01	0,011	<0,01	0,018	0,028	0,011	0,016
Benzo(k)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	0,011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,043	0,024	0,023	0,053	0,022	0,021	0,027	0,033	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,018	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	0,012	0,015	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,039	0,044	0,088	0,024	0,035	0,05	0,041	<0,01	<0,01	0,011	<0,01	0,014	0,027	<0,01	0,01
Dibenz(a,h)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,012	0,01	0,01	0,026	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,074	0,026	0,027	0,035	0,033	0,034	0,023	0,031	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,025	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	0,023	0,028	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,186	0,076	0,095	0,15	0,074	0,075	0,066	0,08	0,015	0,017	0,019	0,012	0,026	0,076	0,012	0,017
Fluoreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno(1,2,3,cd)pireno	<0,01	<0,01	0,012	0,023	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,068	0,077	0,055	0,099	0,041	0,04	0,046	0,046	0,01	<0,01	0,011	<0,01	0,014	0,025	<0,01	0,014
Naftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pireno	<0,01	<0,01	0,022	0,027	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,189	0,072	0,097	0,146	0,069	0,069	0,061	0,074	0,014	0,014	0,018	0,011	0,024	0,074	0,012	0,017
Soma 16 PAH	<0,16	<0,16	<0,16	0,198	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16	1,01	0,567	0,599	1,07	0,432	0,442	0,494	0,518	<0,16	<0,16	<0,16	<0,16	0,163	0,368	<0,16	<0,16
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
As	3,5	3,83	4,68	3,88	6,1	5,65	6,19	4,62	5,51	6	6,56	5,78	3,08	3,13	2,41	2,36	5,04	4,3	5,86	4,71	2,04	2,19	0,94	1,76
Ba	31,9	32,5	33,8	36	69,9	68,8	62,8	70,9	75,1	72,1	118	102	64,1	42,1	78,8	46,2	27,2	31,8	34,7	30,8	198	160	237	210
Be	0,647	0,712	0,75	0,697	1,16	1,12	1,07	1,08	0,793	0,9	0,781	0,888	0,479	0,502	0,447	0,435	0,846	1,18	1,1	1,15	0,868	0,862	1,08	0,892
Cd	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Co	4,52	4,2	4,33	4	11	12	9,97	11,7	6,32	6,6	7,55	7,57	3,23	2,93	3,62	2,7	4,27	6,13	5,21	6,29	34,2	32,8	45,5	32,8
Cr	12,2	12,6	13	15	41,3	41,9	39,4	40,8	23,3	24,1	25,2	27,4	13,5	13	13,7	12,3	14,4	17,7	18,9	18,6	101	89	121	97,3
Cu	14,2	10	14,4	12,8	15,5	12,8	13,1	11,4	50,7	62,2	62	62,2	18	16,5	22,4	17	11,8	19,4	16,7	13,6	38,3	34,9	44,2	36,3
Fe	10800	11800	12500	12100	23700	23200	22300	22800	16700	17000	16900	18100	9860	10000	10200	8880	12200	16900	15500	18000	51000	51000	63500	50100
Hg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,21	<0,2	<0,2	<0,2
Li	td																							

ANEXO IV

Resultados das análises de amostras de solos (0-5 cm), amostragem complementar

Concentração de diversos elementos nos solos (0-5 cm) das hortas urbanas de Lisboa, obtidos pela amostragem complementar

	Al	As	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sb	Se	Si	Sr	Ti	V	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
PHG 1	26709,24	<5	173,62	16,48	12162,14	<7	<20	34,78	18,84	23012,32	<5	17169,32	<l.d.	331,56	<4	<25	1104,68	18,91	<10	5,28	193350,63	45,1	5479,64	63,2	47,48
PHG 1	26342,56	<5	166,31	13,38	12003,05	<7	<20	<25	14,99	23061,05	<5	16923,32	<l.d.	304,82	<4	<25	1092,63	23,3	<10	<3	193374,39	48,6	5467,48	68,9	39,15
PHG 1	27066,32	<5	186,13	9,98	11919,28	<7	90,97	38,38	22,11	23190,95	<5	17245,29	<l.d.	299,04	<4	<25	1281,26	26,09	<10	<3	192714,27	46,13	5489,52	59,97	38,61
PHG 2	25807,35	<5	179,43	<l.d.	15745,79	<7	<20	39,56	14,25	23392,66	<5	16590,85	<l.d.	252,31	<4	<25	1080,53	26,44	<10	3,11	198186,98	53,92	5801,5	62,72	44,88
PHG 2	25012,08	<5	177,03	12,91	15879,57	<7	<20	41,64	24,46	23552,34	<5	16253,52	<l.d.	248,96	<4	<25	1134,53	27,09	<10	3,23	198695,89	56,19	5840,84	62,25	46,65
PHG 2	28067,52	<5	236,41	10,12	15909,02	<7	<20	40,34	23,95	23487,61	<5	16708,53	<l.d.	259,19	<4	<25	1007,29	23,11	<10	<3	201605,36	55,31	5858	62,19	44,3
PHG 3	25667,93	<5	125,3	<l.d.	9508,15	<7	<20	36,86	30,32	19946,57	<5	14497,38	<l.d.	215,12	<4	<25	1463,9	24,19	<10	3,52	199631,13	48,43	5135,99	53,64	34,69
PHG 3	26192,83	<5	134,24	<l.d.	9540,43	<7	<20	34,54	35,05	20048,09	<5	14234,3	<l.d.	224,86	<4	<25	1458,07	22,49	<10	<3	198742,06	49,98	5176,25	51,39	35,02
PHG 3	25783,15	<5	143,6	<l.d.	9525,22	<7	<20	34,92	31,58	19919,19	<5	14514,16	<l.d.	219,09	<4	<25	1412,11	20,13	<10	4,45	200396,14	49,25	5208,28	45,79	34,76
CHPL 1	11752,05	<5	<45	<l.d.	33317,77	<7	<20	<25	20,24	10146,14	<5	13580,8	<l.d.	68,43	<4	<25	1792,37	47,98	<10	<3	127792,12	59,18	2293,17	<15	132,69
CHPL 1	11957,76	<5	<45	<l.d.	33492,95	<7	<20	<25	23,66	10251,77	<5	13665,8	<l.d.	49,06	<4	<25	1816,6	45,09	<10	<3	129585,78	59	2349,09	<15	136,23
CHPL 1	11684,71	<5	<45	8,92	33303,6	<7	<20	<25	13,11	10243,65	<5	13461,98	<l.d.	68,6	<4	<25	2027,57	51,72	<10	<3	130582,16	60,01	2355,22	<15	127,33
CHPL 2	13651,93	<5	<45	<l.d.	16008,31	<7	<20	<25	20,29	10529,9	<5	15447,4	<l.d.	58,86	<4	<25	1393,04	36,26	<10	<3	157539,34	46,79	2853,41	<15	69,14
CHPL 2	15555,32	<5	<45	9,35	15981,98	<7	<20	<25	16,76	10505,67	<5	15458,12	<l.d.	75,29	<4	<25	1608,68	38,43	<10	3,78	157317,52	48,73	2813,51	<15	67,62
CHPL 2	13763,72	<5	<45	<l.d.	15845,81	<7	<20	<25	17,36	10548,56	<5	15512,47	<l.d.	76,31	<4	<25	1369,35	36,43	<10	<3	159987,39	46,19	2856,46	<15	74,72
CHPL 3	13883,27	<5	<45	<l.d.	27492,15	<7	<20	<25	16,85	10411,57	<5	14719,3	<l.d.	107,4	<4	<25	1713,19	59,48	<10	<3	134932,72	54,74	2541,29	<15	133,41
CHPL 3	11687,13	<5	<45	<l.d.	27783,98	<7	<20	<25	13,66	10402,71	<5	14993,16	<l.d.	95,65	<4	<25	1666,77	56,8	<10	<3	135458,45	57,08	2547,63	<15	137,74
CHPL 3	13411,55	<5	<45	<l.d.	27629,83	<7	<20	<25	14,99	10417,29	<5	14990,78	<l.d.	60,09	<4	<25	1747,61	59,09	<10	<3	136425,53	55,63	2557,09	<15	137,83
LNEC FL	28766,31	<5	103,28	<l.d.	27699,59	<7	<20	<25	<10	15920,39	<5	22672,39	<l.d.	126,3	<4	<25	1256,03	33,73	<10	3,2	218854,58	68,94	2738,24	<15	59,33
LNEC FL	30479,17	<5	88,42	<l.d.	27937,13	<7	<20	<25	<10	15919,21	<5	22756,59	<l.d.	137,62	<4	<25	1444,2	37,72	<10	3,41	219307,05	67,74	2690,56	33,88	63,79
LNEC FL	28704,09	<5	98,33	<l.d.	27730,65	<7	<20	<25	13,51	15898,65	<5	22675,67	<l.d.	109,32	<4	<25	1320,19	30	<10	<3	221672,78	68,39	2713,19	43,62	66,29
LNEC MJH	24700,97	16,42	<45	<l.d.	11123,78	<7	<20	<25	13,19	10051	<5	23170,63	<l.d.	99,84	2,76	<25	1086,45	35,01	<10	3,54	246123,72	43,63	2178,62	<15	45,89
LNEC MJH	24490,11	19,61	<45	<l.d.	11220,91	<7	<20	<25	<10	10065,32	<5	23160,48	<l.d.	77,14	<4	<25	1162,94	34,81	<10	3,38	248737,39	43,93	2220,14	<15	49,98
LNEC MJH	24195,34	18,35	<45	<l.d.	11160,99	<7	<20	<25	<10	10034,3	<5	22928,81	<l.d.	61,15	<4	<25	1294,84	30,85	<10	3,92	247193,02	44,36	2165,08	26,44	46,62
LNEC TL	23123,77	<5	162,63	<l.d.	21686,18	<7	<20	<25	<10	11616,58	<5	21234,47	<l.d.	113,45	3,42	<25	1420,44	118,96	<10	<3	182395,92	49,17	2786,94	28,31	47,42
LNEC TL	23418,44	<5	167,01	<l.d.	21445,56	<7	<20	<25	<10	11590,64	<5	21184,73	<l.d.	108,71	<4	<25	1417,1	126,84	<10	<3	182626,16	48,46	2769,7	<15	50
LNEC TL	22476,72	<5	173,78	<l.d.	21757,46	<7	<20	<25	16,24	11616,2	<5	21637,58	<l.d.	95,71	<4	<25	1431,88	119,79	<10	<3	184082,91	48,78	2780,49	<15	57,29

	Al	As	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sb	Se	Si	Sr	Ti	V	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
CRIL 1	24754,47	<5	460,47	<l.d.	49067,49	<7	<20	76,68	51,76	82747,31	<5	9223,03	<l.d.	1490,47	<4	83,83	2134,45	31,73	<10	<3	126284,56	479,08	17696,3	182,45	84,52
CRIL 1	27157,98	<5	502,67	<l.d.	49647,52	<7	199,79	73,75	58,77	82552,23	<5	8872,2	<l.d.	1498,91	<4	80,64	2259,1	35,92	<10	<3	127123,06	475,52	17895,17	165,57	104,74
CRIL 1	25327,52	<5	413,49	<l.d.	49395,7	<7	221,09	63,73	49,15	83229,31	<5	9075,13	<l.d.	1515,94	<4	88,48	2245,55	31,63	<10	3,67	128263,76	473,4	17876,96	206,45	90,47
CRIL 2	33190,01	<5	500,64	<l.d.	48425,19	<7	<20	97,1	46,76	94442,92	<5	11018	<l.d.	1624,13	<4	113,44	<l.d.	24,72	<10	<3	160864,53	434,95	26340,28	195,3	115,18
CRIL 2	32677,42	<5	593,75	<l.d.	36403,95	<7	<20	97,28	52,09	94434,85	<5	8225,8	<l.d.	1614,28	<4	98,08	2675,59	23,27	<10	<3	131392,41	436,72	19436,3	232,33	114,69
CRIL 2	31177,29	<5	581,32	<l.d.	36348,2	<7	<20	82,94	68,68	94086,55	<5	8170,71	<l.d.	1699,28	<4	91,87	2430,6	23,17	<10	<3	131202,36	435,36	19282,3	202,03	115,37
CRIL 3	29931,29	<5	461,99	<l.d.	45401,36	<7	<20	105,29	54,55	87203,84	<5	8582,25	<l.d.	1576,08	<4	100,19	2417,79	27,08	<10	<3	130772,16	436,27	17756,03	193,61	71,81
CRIL 3	28158,74	<5	535,67	<l.d.	45562,39	<7	<20	96,43	52,2	87446,87	<5	8662,01	<l.d.	1561,23	3,86	97,78	1945,12	24,65	<10	<3	131831,56	441,28	17914,65	167	75,94
CRIL 3	30438,3	<5	465,89	14,41	45628,72	<7	<20	113,28	53,91	86624,82	<5	8517,25	<l.d.	1599,22	<4	88,88	2227,96	25,78	<10	<3	130395,66	434,93	17959,33	192,52	78,55
PHVC 1	26043,26	<5	85,6	17,75	13752,9	<7	<20	<25	<10	15017,48	<5	20947,62	<l.d.	118,32	<4	<25	1072,03	34,45	<10	3,08	186461,88	43,03	3287,2	36,28	46,58
PHVC 1	25425,58	<5	97,67	18,89	13804,33	<7	<20	<25	19,84	15086,14	<5	21181,36	<l.d.	124,66	<4	<25	1278,17	31,93	<10	3,39	187279,69	43,84	3328,24	40,95	40,15
PHVC 1	24783	<5	99,52	13,05	13724,73	<7	<20	<25	15,11	15182,68	<5	20969,01	<l.d.	158,88	<4	<25	1205,04	35,72	<10	4,31	186780,09	42,83	3320,89	38,15	43,38
PHVC 2	26473,75	<5	106,91	19,49	10197,83	<7	<20	<25	<10	16067,83	<5	21924,65	<l.d.	116,88	<4	<25	1040,33	38,07	<10	<3	192317,59	39,76	3138,86	48,64	44,5
PHVC 2	28202,53	<5	106,75	15,08	10312,11	<7	<20	<25	12,56	16176,93	<5	22001,89	<l.d.	127,01	<4	<25	967,66	36,05	<10	3,58	193773,59	42,05	3156,62	38,76	43,01
PHVC 2	28364,98	<5	137,32	16,33	10417,68	<7	<20	<25	<10	16223,78	<5	22045,45	<l.d.	77,47	<4	<25	1297,95	38,04	<10	3,13	193896,52	41,07	3164,42	31,98	45,19
PHVC 3	28133,89	<5	159,75	15,17	20731,38	<7	<20	<25	<10	18606,46	<5	19808,82	<l.d.	118,31	<4	<25	1111,1	26,11	<10	4,16	179233,89	62,58	3214,37	42,04	41,11
PHVC 3	28451,47	<5	144,5	13,27	20974,38	<7	<20	<25	13,27	18598,52	<5	19970,63	<l.d.	106,11	<4	<25	1071,6	30,25	<10	3,03	180263,61	63,41	3193,66	<15	35,78
PHVC 3	28074,49	<5	148,22	12,51	20844,5	<7	<20	<25	16,68	18619,02	<5	19635,71	<l.d.	101,85	<4	<25	1028,45	30,91	<10	<3	180732,11	63,1	3178,03	<15	38,37
QG 1	25055,17	<5	141,35	10,92	24566,5	<7	<20	<25	55,18	21437,37	<5	20361,88	<l.d.	271,96	<4	<25	2832,99	120,72	<10	<3	195986,47	91,25	3943,3	46,42	187,64
QG 1	25582,94	<5	167,18	<l.d.	24715,92	<7	<20	<25	51,61	21453,77	<5	20478,81	<l.d.	246,08	<4	<25	2976,24	128,97	<10	<3	199039,8	91,38	3966,95	<15	195,41
QG 1	26733,31	<5	135,2	11,28	24917,66	<7	<20	<25	48,97	21518,33	<5	20625,36	<l.d.	233,13	3,31	<25	2916,8	129,6	<10	<3	197261,38	91,07	3931,1	42,27	193,53
QG 2	20330,7	<5	179,95	<l.d.	52565,64	<7	<20	<25	82,82	21975,53	<5	18234,07	<l.d.	271,03	<4	<25	3644,63	247,97	<10	<3	182077,17	141,59	3738,48	49,01	211,83
QG 2	19417,52	<5	192,81	<l.d.	52736,54	<7	<20	<25	90,93	21771,09	<5	18185,97	<l.d.	338,07	<4	<25	3652,84	243,44	<10	<3	183043,34	139,79	3710,44	45,92	209,33
QG 2	19364,11	<5	189,35	<l.d.	53046,69	<7	<20	<25	87,63	21917,51	<5	18437,87	<l.d.	315,92	4,48	<25	3557,25	242	<10	<3	183960,84	138,01	3725,09	38,96	202,51
QG 3	17706,58	<5	158,49	<l.d.	65286,5	<7	<20	<25	57,74	16615,23	<5	17746,17	<l.d.	233,89	<4	<25	3153,43	226,85	<10	<3	183861,77	115,79	3027,36	<15	117,31
QG 3	20193,53	<5	153,13	<l.d.	64823,72	<7	<20	<25	64,24	16607,37	<5	17658,61	<l.d.	184,2	<4	<25	2857,96	232,52	<10	<3	182475,98	115,5	3013,15	<15	110,59
QG 3	20014,21	<5	161,25	<l.d.	65123,03	<7	<20	<25	66,17	16703,41	<5	17597,11	<l.d.	195,41	<4	<25	2936,25	231,58	<10	<3	184729,73	116,3	3010,47	<15	116,93

ppm (ou mg/kg) – Partes por milhão

ANEXO V

Resultados das análises de amostras de água na zona vadosa do solo

Local	PHG	PHG	PHG	LNEC	LNEC	LNEC	LNEC
Profundidade	30cm	60cm	30cm	30cm	60cm	30cm	60cm
Data	(04/02/2015 a 13/05/2015)	(04/02/2015 a 13/05/2015)	(13 a 27/05/2015)	(04/02/2015 a 13/05/2015)	(04/02/2015 a 13/05/2015)	(13 a 27/05/2015)	(13 a 27/05/2015)
NH4	0,346	0,242	1,96	0,148	<0,05	0,085	<0,05
Amonia N	0,268	0,188	1,52	0,115	<0,04	0,066	<0,04
Nitrato N	<0,5	<0,5	<0,5	0,77	<0,5	2,25	<0,5
NO3	<2	<2	<2	3,41	<2	9,98	<2
Nitrite N	0,0125	0,0082	0,0191	0,0075	<0,002	0,0744	<0,002
NO2	0,0412	0,027	0,0627	0,0247	<0,005	0,245	<0,005
PO4	0,032	<0,01	0,017	<0,01	<0,01	0,023	<0,01
Ca	172	413	508	103	79	127	106
K	1,42	3,81	5,06	5,49	3,18	0,627	0,464
Mg	20,8	89,7	118	10,5	6,36	21,7	9,6
Na	45,4	77	142	87,2	116	144	130
Acenafteño		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acenafteño		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno		<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)antraceno		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno		<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(b)fluoranteno		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(g,h,i)perileno		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenz(a,h)antraceno		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fenantreno		<0,03		<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoranteno		<0,03		<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno		<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Indeno(1,2,3-cd)pireno		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Naftaleno		<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pireno		<0,06		<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Soma 16 PAH		<0,37		<0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Soma 4 PAH		<0,04		<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Soma 6 PAH (WHO)		<0,09		<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Soma PAH (MoE)		<0,19		<0,19	<0,19	<0,19	<0,19
Ag	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Al	0,011	<0,01	0,014	<0,01	0,011	<0,01	<0,01
As	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
B	0,09	0,062	0,095	0,042	0,036	0,084	0,056
Ba	0,08	0,0147	0,0255	0,0621	0,047	0,119	0,0913
Be	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cd	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Co	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Cr	0,0026	<0,001	0,001	0,0013	<0,001	0,0011	<0,001
Cu	0,0771	0,0034	0,0092	0,012	0,0081	0,0122	0,0063
Fe	0,0211	0,0022	0,0091	0,0083	0,0074	0,0154	0,0022
Li	0,0036	0,0944	0,073	0,0031	0,0028	0,0052	0,0036
Mn	0,00995	0,0101	0,00158	0,00898	0,00471	0,00391	<0,0005
Mo	<0,002	<0,002	<0,002	0,0043	0,0031	<0,002	0,0043
Ni	0,0145	0,0225	0,0084	0,0052	0,0031	0,0042	0,0025
Pb	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Sb	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Se	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ta	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
V	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zn	0,0461	<0,002	0,0225	0,0148	0,0077	0,0232	<0,002

ANEXO VI

Proposta de Boas Práticas Agrícolas para os Parques Hortícolas de Lisboa

Autoria: Maria do Rosário Cameira, Miguel Mourato, Luísa Louro, José Luís Teixeira, Cristina Queda

Docentes do Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Colaboração no texto sobre medidas de mitigação e recomendações: Teresa E. Leitão

Investigadora Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Índice

1	Introdução	109
2	Práticas Culturais	110
2.1	Culturas representativas e épocas de cultivo	110
2.2	Rotação de culturas	111
2.3	Consociações.....	117
3	Fertilização	119
3.1	Fertilidade dos solos e nutrientes minerais	119
3.2	Fertilizantes e fertilização	119
3.3	A compostagem	120
4	Rega.....	123
4.1	Conceitos	123
4.2	Modo de aplicação da água de rega	125
4.3	Quando e quanto regar.....	126
4.4	Métodos para avaliação da água nos solos das hortas urbanas	128
5	Medidas de mitigação e de recomendações visando a proteção da saúde pública	132

Índice de figuras

Fig. A.1.	Parte edível de diferentes espécies hortícolas	112
Fig. A.2.	Exemplo de uma rotação de quatro anos e quatro folhas.....	116
Fig. A.3.	Exemplo genérico de uma rotação hortícola plurianual (adaptado de Mourão, 2007).....	116
Fig. A.4.	Exemplo de uma rotação de três anos e três folhas	117
Fig. A.5.	Exemplos de consociações	117
Fig. A.6.	Classificação dos fertilizantes.....	119
Fig. A.7.	Constituição geral de um solo.....	123
Fig. A.8.	Condições óptimas de um solo para cultivo	123
Fig. A.9.	Representação esquemática da água no solo em três situações (adaptado de Oliveira, 2003).....	124
Fig. A.10.	Diagrama representando o solo como um reservatório em quatro estádios de humidade (adaptado de Oliveira, 2003)	124
Fig. A.11.	Balanço de água na zona radical de uma cultura.....	125
Fig. A.12.	Factores climáticos que afetam a evapotranspiração das culturas	127
Fig. A.13.	Trados para colheita de amostras de solo.....	128
Fig. A.14.	Constituição do tensiómetro	130
Fig. A.15.	Tensiómetro para condução da rega	130
Fig. A.16.	Aplicação do método dos tensiómetros.....	131

Índice de quadros

Quadro A.1.	Famílias e espécies de culturas hortícolas mais utilizadas nos Parques Hortícolas de Lisboa	110
Quadro A.2.	Épocas de cultivo adequadas para as diversas culturas hortícolas	110
Quadro A.3.	Afolhamento de quatro anos.....	111
Quadro A.4.	Nutriente preferido consoante o órgão a desenvolver.....	112
Quadro A.5.	Classificação das culturas quanto à sua exigência em azoto	112

Quadro A.6. Profundidade potencial das raízes de algumas hortícolas	113
Quadro A.7. Culturas utilizadas na adubação verde.....	113
Quadro A.8. Culturas agrupadas por famílias e precedentes favoráveis e desfavoráveis numa perspectiva fitossanitária	114
Quadro A.9. Consociações para defesa contra doenças e pragas (Fundação Biológica, 2015)	118
Quadro A.10. Possíveis consociações entre espécies cultivadas (adaptado de Ferreira <i>et al.</i> , 1999)	118
Quadro A.11. Relações carbono/azoto de alguns estrumes, compostos e outros materiais orgânicos (MADRP, 1997)	121
Quadro A.12. Valores guia para a capacidade de água utilizável de alguns solos (adaptado de Oliveira, 2003).....	124
Quadro A.13. Tolerância de algumas hortícolas ao <i>stress</i> hídrico (adaptado de Kemble, 2000)	127
Quadro A.14. Monitorização da água do solos franco argilo arenosos, francos e franco limosos, pela sua aparência (Oliveira, 2003).....	129
Quadro A.15. Profundidade de instalação recomendada para os tensiómetros	131
Quadro A.16. Utilização da leitura dos tensiómetros para iniciar a rega, de acordo com os tipos de solo	131

1 Introdução

A Câmara Municipal de Lisboa (CML) iniciou em 2007 o desenvolvimento de uma estratégia para a agricultura urbana, tendo criado, a partir de 2011, vários Parques Hortícolas.

Segundo a CML, os espaços hortícolas promovem o equilíbrio ecológico do território, quando neles se aplicam as boas práticas agrícolas. Estas práticas protegem a biodiversidade e os ecossistemas, aumentam a fertilidade e a drenagem dos solos (CML, 2016).

No âmbito do protocolo de colaboração entre a Junta de Freguesia de Alvalade (JFA) e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), assinado em Abril de 2015, propõem-se neste Anexo algumas Boas Práticas Agrícolas (BPAs) para os Parques Hortícolas da Cidade de Lisboa.

Este texto tem como objetivo fornecer uma orientação de carácter geral, de modo a apoiar os técnicos da CML e os hortelãos na aplicação de BPAs, de modo a minimizar potenciais impactes ambientais negativos dos Parques Hortícolas. Espera-se ainda que, criadas as condições, este texto constitua a base de um Manual de Boas Práticas Agrícolas para os Parques Hortícolas de Lisboa a editar futuramente.

O presente texto foi elaborado tendo por base dois tipos de informação:

- as regras de acesso e utilização das Hortas Urbanas, em particular os seguintes pontos:

Deveres:

...

- *Fazer um uso prudente e racional da água, usando a técnica de rega mais adequada a cada Horta e cultura, evitando desperdícios ou perdas por distração ou mau planeamento da operação, não sendo permitida, em qualquer situação a construção ou utilização de sistemas de rega automática;*
- *Utilizar os resíduos vegetais produzidos na Horta como fertilizante do solo, depois de devidamente compostados;*
- *Garantir o cumprimento das boas práticas agrícolas de acordo com as regras da arte;*

...

Proibições:

...

- *Utilizar herbicidas e pesticidas químicos, uma vez que os mesmos são susceptíveis de provocar danos, quer a nível ambiental e da saúde pública, quer da qualidade dos alimentos produzidos”.*

Por conseguinte, propõe-se a minimização da utilização de produtos não biológicos, privilegiando-se as práticas agrícolas que mantêm a fertilidade do solo, minimizam o aparecimento de pragas, doenças e infestantes e reduzem as perdas de azoto e outros elementos.

O texto está organizado em três pontos principais: as práticas culturais, as práticas de fertilização e as práticas de rega.

2 Práticas Culturais

2.1 Culturas representativas e épocas de cultivo

Apresentam-se no Quadro A.1 as culturas mais representativas dos Parques Hortícolas de Lisboa, agrupadas por famílias. O Quadro A.2 apresenta as correspondentes épocas de cultivo a considerar para as mesmas.

Quadro A.1. Famílias e espécies de culturas hortícolas mais utilizadas nos Parques Hortícolas de Lisboa

Família	Espécie
Solanáceas	Batata, tomate, pimento, beringela
Cucurbitáceas	Melão, meloa, melancia, pepino, abóboras
Crucíferas	Couve repolho, Bruxelas, flor, brócolos, chinesa, tronchuda, nabo, agrião
Compostas	Alface, endívia, alcachofra
Leguminosas	Fava, ervilha, feijão-verde e seco
Aliáceas	Cebola, alho comum, alho francês, espargo
Umbelíferas	Cenoura, aipo
Quenopodiáceas	Espinafre, acelga, beterraba

Quadro A.2. Épocas de cultivo adequadas para as diversas culturas hortícolas

Época	Culturas hortícolas
Início do outono	Alho francês, beterraba, cebola, coentros, couve-galega, couve penca, ervilha, espinafre, manjeriço, nabo, rabanete, salsa
Pleno outono	Beterraba, cebola, coentros, couve-galega, couve penca, couve tronchuda, ervilha, espinafre, fava, manjeriço, nabo, rabanete, salsa
Final do outono	Beterraba, cebola, couve-galega, couve penca, couve tronchuda, ervilha, fava, nabo, pimento, rabanete
Início do inverno	Alho francês, beterraba, cebola, couve-galega, couve penca, couve tronchuda, ervilha, fava, pimento
Pleno inverno	Aipo, alho francês, beringela, beterraba, cebola, couve-galega, couve tronchuda, couve penca, ervilha, espinafre, fava, pimento, piripiri, tomate
Final inverno	Aipo, alface, beringela, beterraba, cebola, cenoura, coentros, courgette, couve-galega, couve tronchuda, couve penca, ervilha, espinafre, fava, manjeriço, melancia, melão, pepino, pimento, piripiri, rabanete, salsa, tomate
Início da primavera	Aipo, alface, beringela, beterraba, cebola, cenoura, chicória, coentros, courgette, couve brócolos, couve Bruxelas, couve-flor, couve-galega, couve tronchuda, couve penca, repolho, ervilha, espinafre, manjeriço, melancia, melão, nabo, pepino, pimento, rabanete, salsa, tomate
Pleno da primavera	Aipo, alface, alfavaca, beringela, cebola, cenoura, beterraba, cebola, cenoura, chicória, cidreira, courgette, couve brócolos, couve Bruxelas, couve-flor, couve-galega, couve tronchuda, couve penca, repolho, ervilha, espinafre, feijão, hortelã, manjeriço, melancia, melão, nabo, pepino, pimento, rabanete, piripiri
Final da primavera	Alho francês, alface, alfavaca, beringela, beterraba, chicória, cidreira, coentros, courgette, couve brócolos, couve Bruxelas, couve-flor, couve-galega, couve tronchuda, couve penca, repolho, ervilha, feijão, hortelã, melão, nabo, pepino, pimento, rabanete, salsa, tomilho
Início do verão	Alho francês, alface, alfavaca, beterraba, cenoura, chicória, cidreira, coentros, courgette, couve brócolos, couve Bruxelas, couve-flor, couve-galega, couve tronchuda, couve penca, repolho,

Época	Culturas hortícolas
	ervilha, feijão, hortelã, melão, nabo, pepino, pimento, rabanete, salsa, tomilho
Pleno do verão	Alho francês, alface, alfavaca, beterraba, cenoura, chicória, coentros, courgette, couve brócolos, couve Bruxelas, couve-flor, couve-galega, couve tronchuda, couve penca, repolho, ervilha, feijão, nabo, pepino, rabanete, salsa
Final do verão	Alho francês, alface, cenoura, chicória, coentros, couve-galega, couve tronchuda, couve penca, espinafre, feijão, nabo, pepino, rabanete, salsa

2.2 Rotação de culturas

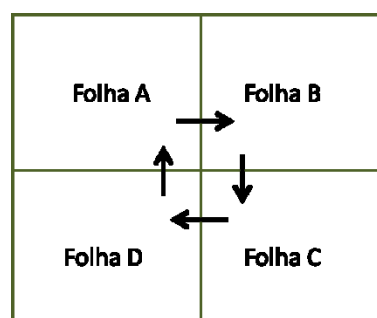
A **rotação de culturas** é uma técnica na qual as espécies cultivadas são alternadas a cada ano, numa mesma área. Nunca se repete a mesma cultura no mesmo espaço em anos consecutivos, pois o cultivo de uma única variedade na mesma área explora apenas os nutrientes do solo essenciais àquela espécie, desequilibrando suas reservas minerais ao longo do tempo e reduzindo muito a sua capacidade produtiva.

É uma técnica de grande importância na prática da agricultura biológica, tal como aconselhado pelas regras de uso das hortas urbanas.

A realização de rotações adequadas às condições do solo e do clima, apresenta diversas vantagens, de entre as quais (Mohler e Johnson, 2009):

- Reduz o empobrecimento do solo em nutrientes, uma vez que a alternância das culturas leva a que o solo seja explorado em profundidade por raízes com diferentes comprimentos.
- Possibilita uma melhor utilização da água e dos nutrientes do solo.
- Melhora a permeabilidade do solo devida à maior diversidade de sistemas de raízes.
- Reduz a incidência de pragas e de doenças.
- Permite um controlo preventivo de infestantes.
- Permite uma melhor organização do trabalho.
- Aumenta a diversidade de produtos hortícolas cultivados.
- Repõe a matéria orgânica do solo.

A realização da rotação obriga à divisão do terreno em folhas de cultura (afolamento), em número igual ao dos anos da rotação. Deste modo, em cada ano, todas as culturas da rotação são cultivadas (Quadro A.3).



Quadro A.3. Afolamento de quatro anos

2.2.1 Aspetos a ter em conta no planeamento de uma rotação

Capacidade das culturas extraírem nutrientes do solo

O conhecimento dos consumos preferenciais de nutrientes por parte das diferentes culturas permite saber como alterná-las consoante as exigências. O Quadro A.4 apresenta as preferências em nutrientes de acordo com a parte da planta com interesse alimentar (parte edível). Acrescenta-se, ainda, à informação do quadro, a família das leguminosas, que extraem preferencialmente o fósforo. A Fig. A.1 apresenta exemplos de culturas com diferentes órgãos comestíveis. O Quadro A.5 agrupa algumas hortícolas de acordo com a sua exigência em azoto, que é um macronutriente principal.

Quadro A.4. Nutriente preferido consoante o órgão a desenvolver

Órgão	Azoto	Potássio	Enxofre
Folhas	x		
Raízes e tubérculos		x	
Bolbosas		x	x

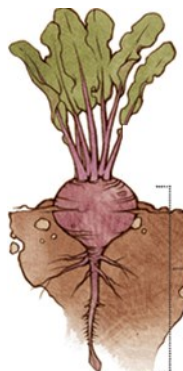
Folhas - alface



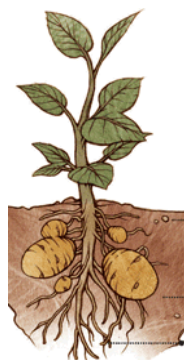
Fruto - tomate



Raiz - beterraba



Tubérculo - batata



Bolbo - cebola



Fig. A.1. Parte edível de diferentes espécies hortícolas

Quadro A.5. Classificação das culturas quanto à sua exigência em azoto

Muito exigentes	Exigentes	Pouco exigentes	Culturas melhoradoras
Alho francês, agrião, aipo, beringela, batata, beterraba, couve, Bruxelas, couve-flor, couve repolho, endívia, espargo, milho, morango, tomate	Aboborinha (courgette), alcachofra, alface, alho francês, cebola, cebolinho, cenoura, centeio, cevada, espinafre, nabo, pepino, pimento, rabanete, rábano, trigo	Aveia, melão	Ervilha, ervilhaca, fava, feijão, grão-de-bico, lentilha, luzerna, outras leguminosas

Profundidade potencial das raízes das culturas

As culturas apresentam sistemas de raízes com diferentes formas e profundidades, sendo por isso possível a exploração do perfil do solo em todas as profundidades ao longo dos anos da rotação. O Quadro A.6 agrupa as culturas de acordo com a extensão potencial das suas raízes.

Quadro A.6. Profundidade potencial das raízes de algumas hortícolas

Profundo (> 1m)	Médio	Pouco profundo
Algumas variedades de abóbora, alcachofra, batata-doce, espargo, luzerna, melancia, tomate, trigo	Abóbora, acelga, beringela, beterraba, cenoura, ervilha, melão, nabo, pepino, pimento, feijão	Aipo, alface, alho, alho francês, batata, brócolos, cebola, couve Bruxelas, couve chinesa, couve repolho, couve-flor, espinafre, rabanete, salsa

Plantas leguminosas

As plantas leguminosas fixam azoto atmosférico sendo autossuficientes neste macronutriente, consequência da associação simbiótica das suas raízes com a bactéria *Rizobium*. No entanto, elas não só fixam o azoto para elas próprias como deixam também algum azoto no solo para as culturas seguintes, diminuindo a necessidade de aplicação de fertilizantes. São exemplos o grão-de-bico, a ervilha, a fava e o feijão.

Adubação verde

A adubação verde consiste na instalação de uma cultura destinada a ser incorporada no solo com o objetivo de o fertilizar. Geralmente pertencem à família das leguminosas, gramíneas e crucíferas, que podem ser cultivadas sozinhas ou em consociação (Quadro A.7).

Quadro A.7. Culturas utilizadas na adubação verde

Leguminosas	Gramíneas	Crucíferas
Ervilha forrageira, ervilhaca, luzerna, tremocilha, fava, trevo	Aveia, azevém, centeio, cevada, sorgo, trigo-sarraceno	Colza forrageira, couve forrageira, mostarda, rábano forrageiro

As culturas para adubação verde devem ser destroçadas antes da floração e incorporadas superficialmente para que não falte o oxigénio necessário à decomposição. Pode-se semear ou plantar a cultura seguinte na rotação, três a quatro semanas após a incorporação.

Cultura de cobertura

As culturas de cobertura têm como objectivo manter o solo coberto durante as épocas que não são favoráveis ao cultivo das hortícolas, durante um período mínimo de dois a três meses, que no nosso país corresponde aos meses de inverno. Deste modo protegem o solo da erosão causada pela precipitação e das perdas de azoto por lixiviação. Para além das leguminosas, as culturas mais utilizadas são o trigo, o azevém e a aveia.

Proteção sanitária

Em geral, uma doença ataca diferentes plantas da mesma família, mas não plantas de famílias diferentes. Por isso, se forem realizadas sequências rotações de culturas de diferentes famílias quebra-se o ciclo da vida da praga ou doença. É importante saber quais são as doenças e pragas que atacam cada cultura e se as mesmas podem permanecer no solo para contaminar as culturas subsequentes. O Quadro A.8 apresenta várias culturas agrupadas por famílias, as precedentes a evitar, bem como as favoráveis do ponto de vista fitossanitário.

Quadro A.8. Culturas agrupadas por famílias e precedentes favoráveis e desfavoráveis numa perspectiva fitossanitária

Família/cultura	Precedente favorável	Precedente a evitar
Compostas alface, alcachofra	batata, cebola	alface, beterraba, rábano
Crucíferas couves, nabo	alho, alho francês, cebola, espinafre	abóbora, aipo, cenoura, couves, feijão, melão, nabo, pepino, tomate
Cucurbitáceas melão	alho, alho francês, cebola	abóbora, melancia, melão, pepino
Gramíneas aveia centeio cevada milho trigo	batata, beterraba, couve, milho, trigo aveia, batata, cevada, leguminosas batata, beterraba, couve, milho, trigo aveia, beterraba, couve aveia, batata, leguminosas	aveia, cevada, leguminosas beterraba, couve, milho aveia, cevada, luzerna, trigo milho, batata cevada, trigo
Leguminosas⁽¹⁾ ervilha, fava, feijão	alho, alho francês, cebola	ervilha, fava, feijão
Liliáceas⁽²⁾ alho, alho francês, cebola	crucíferas, cucurbitáceas, leguminosas, solanáceas	alho, alho francês, beterraba, cebola, milho
Solanáceas batata, beringela, pimento, tomate	alho, alho francês, cebola	abóbora, batata, beringela, melão, pepino, pimento, tomate
Umbelíferas⁽³⁾ aipo, cenoura	alho, alho francês, cebola, milho	aipo, beterraba, cenoura

(1) mínimo 4 anos para a fava e ervilha e 2 anos para o feijão; (2) 7 anos; (3) 3 anos

2.2.2 Regras para o planeamento de rotações

As principais regras de base para o planeamento de rotações são:

- Suceder plantas com sistemas radiculares de diferentes e profundidades.
- Suceder plantas que desenvolvam órgãos diferentes.

- Cultivar uma cultura de baixas necessidades, tal como uma raiz ou bolbo (ex.: cenoura, alho francês) após uma cultura de elevadas necessidades nutricionais, tais como aquelas em que a produção é um fruto (ex.: tomate).
- Introduzir leguminosas na rotação.
- Semear uma cultura com elevadas exigências em N depois de uma plantação de leguminosas.
- Deixar um intervalo mínimo de 5 anos para plantas sensíveis à *Rhizoctonia* (podridão ou tombamento) quando presente (ex.: cenoura, espargo, beterraba, endívia, morangueiro, tomateiro, luzerna).
- Fazer suceder cada cultura por outra de família diferente e portanto susceptível a diferentes pragas e doenças.
- Introduzir na rotação de uma espécie com raízes profundantes para se aproveitarem os nutrientes e a água presentes em todo o perfil do solo e não só à superfície.
- Introduzir a rotação de uma cultura intercalar para manter elevados níveis de matéria orgânica no solo.
- Introduzir na rotação plantas que eliminam agentes patogénicos, como por exemplo algumas crucíferas e leguminosas.
- Utilizar culturas que produzam grande quantidade de resíduos para posterior enterramento; Um afolhamento deve integrar pelo menos 20% da superfície total com adubo verde.

Exemplos de rotações de culturas

A Fig. A.2 apresenta uma rotação de quatro anos e quatro folhas, onde se sucedem plantas que desenvolvem diferentes órgãos e portanto vão preferir diferentes nutrientes. Antes da cultura mais exigente, que é a que produz folhas ou frutos, vem uma leguminosa. Após a cultura de elevadas necessidades (folhas ou frutos), seguem-se as que têm menores exigência (raízes, tubérculos e bolbos).

Folha A Leguminosa <i>Ervilha, fava, feijão</i>	Folha B Folhas/frutos <i>Couves, tomates, beringelas</i>	Folha A Bolbos <i>Alho, cebola</i>	Folha B Leguminosa <i>Ervilha, fava, feijão</i>
Ano 1		Ano 2	
Folha D Bolbos <i>Alho, cebola</i>	Folha C Raiz / tubérculo <i>Cenoura, batata, rabanete, nabo</i>	Folha D Raiz / tubérculo <i>Cenoura, batata, rabanete, nabo</i>	Folha C Folhas/frutos <i>Couves, tomates, beringelas</i>
Folha A Folhas/frutos <i>Couves, tomates, beringelas</i>	Folha B Raiz / tubérculo <i>Cenoura, batata, rabanete, nabo</i>	Folha A Raiz / tubérculo <i>Cenoura, batata, rabanete, nabo</i>	Folha B Bolbos <i>Alho, cebola</i>
Ano 3		Ano 4	
Folha D Leguminosa <i>Ervilha, fava, feijão</i>	Folha C Bolbos <i>Alho, cebola</i>	Folha D Folhas/frutos <i>Couves, tomates, beringelas</i>	Folha C Leguminosa <i>Ervilha, fava, feijão</i>

Fig. A.2. Exemplo de uma rotação de quatro anos e quatro folhas

A Fig. A.3 apresenta uma rotação plurianual onde, a cada dois anos, se utiliza uma cultura de cobertura que pode ser para adubação verde ou apenas para proteger o solo e diminuir a lixiviação de N.

1º ano		2º ano		3º ano		4º ano	
Prim/Verão	Out/Inverno	Prim/Verão	Out/Inverno	Prim/Verão	Out/Inverno	Prim/Verão	Out/Inverno
Batata Tomate	Nabo Couves	Cenoura Espinafre Alface Beterraba	Adubação verde	Couves	Alho Alho francês	Cebola Ervilha Feijão	Forragem
		Aplicação de composto				Aplicação de composto	

Fig. A.3. Exemplo genérico de uma rotação hortícola plurianual (adaptado de Mourão, 2007)

A Fig. A.4 apresenta uma rotação de três anos e três folhas.

Folha	Ano da rotação			Folha A	Folha B	Folha C
	1.º	2.º	3.º			
A	ervilhas, favas ou feijões	couve brócolos, galega ou flor	alho, alho francês, cebolas, cenouras			
B	alhos, alho francês, cebolas, couve brócolos,	ervilhas, favas, feijões	couve brócolos, galega ou flor			
C	galega ou flor	alhos, alho francês, cebolas,	ervilhas, favas, feijões			

1.º Ano: Os feijões e ervilhas (leguminosas) absorvem o N do ar e fixam-no no solo beneficiando a cultura seguinte.

2.º Ano: As couves (brássicas) consomem muito N logo devem ser cultivadas no ano seguinte.

3.º Ano: Este grupo é pouco exigente em N, consumindo o restante nutriente, que será seguidamente reposto com leguminosas.

Fig. A.4. Exemplo de uma rotação de três anos e três folhas

2.3 Consociações

Fazer uma consociação consiste em cultivar, dentro do mesmo canteiro, diferentes espécies de plantas que se complementam entre si (Fig. A.5). Apresenta como vantagens:

- Melhor aproveitamento do solo.
- Obtenção de produções de diferentes alimentos em simultâneo.
- Uma das plantas pode servir de tutor à outra por forma a não ocorrer a sua acama. Ex.: *fava x ervilha*; *milho x ervilha*, *milho x feijão*.
- Em algumas consociações com plantas aromáticas, os cheiros (alcalóides aromáticos) são responsáveis pela repulsão das pragas ou pela atração de insetos benéficos (Quadro A.9).



As consociações devem ser feitas de acordo com as famílias das plantas, os ciclos culturais, o tipo de produção (raízes vs. frutos vs. folhas), as práticas culturais, etc. O Quadro A.10 apresenta exemplos de consociações vantajosas (plantas companheiras) e desvantajosas (plantas antagónicas).

Fig. A.5. Exemplos de consociações

Quadro A.9. Consociações para defesa contra doenças e pragas (Fundação Biológica, 2015)

Consociação	Disposição	Praga
Beringela + feijão	Filas alternadas	Escaravelho
Batata x feijão	Filas alternadas	Escaravelho da batata
Cenoura x alho francês	2 filas de cenouras e 1 fila de alhos, ou cebolas, ou ervilhas	Mosca da cenoura
Cenoura x cebola		
Cenoura x ervilha		
Cenoura x alecrim	Aromáticas em bordadura	Mosca da cenoura
Cenoura x salva		
Couve x tomilho	Tomilho disperso na couve	Mosca da couve
Couve nabo x hortelã pimenta	Aromáticas na bordadura	Altica
Couve repolho x aipo	Filas alternadas	Lagarta da couve
Couve repolho x alecrim, slava	bordadura	Lagarta da couve
Espargo x tomate	Filas alternadas	Gorgulho do espargo
Melão x cebola	1 cebola junto a cada pé de melão	Fusário (favorece antagonistas)
Tomate x cravo	Flor na bordadura	

Quadro A.10. Possíveis consociações entre espécies cultivadas (adaptado de Ferreira *et al.*, 1999)

	Acelga	Aipo	Alface	Alho	Alho francês	Batata	Beterraba	Cebola	Cenoura	Couve	Ervilha	Espinafre	Feijão	Milho	Morango	Nabo	Pepino	Rabanete	Tomate
Acelga								S	S			S							
Aipo			S		S	N			S			S	N						S
Alface		S						S	S	S	S	S		S			S	S	S
Alho		S	S				S			N	N		N		S				S
Alho francês			S				N	S	S	S	N		N		S				S
Batata		N					N			N	N	S	S	N			N		N
Beterraba				S	N	N		S		S			S	N	S		S		
Cebola			S				S		S	N	N		N		S		S		S
Cenoura	S		S	S	S			S			S	S	S					S	S
Couve	S	S	S		S	S	S	N			S	S	S		N			S	S
Ervilha		S	S	N	N			N	S	S			N	S		S	S	S	N
Espinafre		S				S				S			S		S	S		S	S
Feijão		S	S	N	N	S	S	N	S	S		S	S	S	S	S	S	S	S
Milho		S	S				N				S	S	S				S		S
Morango		S	S	S	N	N	S	S		S		S	S					S	
Nabo	S	S	S								S	S	S						
Pepino		S	S			N	S	S			S		S	S				N	
Rabanete	S	S	S						S	S	S	S	S		S		N		
Tomate		S	S	S	S	N		S	S	N	N	S	S	S					



favorável



desfavorável



sem efeito

3 Fertilização

3.1 Fertilidade dos solos e nutrientes minerais

O solo é um recurso finito, limitado e não renovável. A fertilidade dos solos depende de vários fatores de natureza física, química e biológica. Da conjugação destes fatores, resulta a capacidade de produção do solo. A **fertilidade do solo** é uma medida da capacidade do solo fornecer os nutrientes essenciais, em quantidade e proporção adequadas, para o crescimento das plantas.

Os **nutrientes minerais** considerados essenciais para as plantas dividem-se em:

- **Macronutrientes principais:** são elementos absorvidos em grandes quantidades por isso os seus teores disponíveis nos solos não são suficientes, havendo que fornecê-los sob a forma de fertilizantes. São o azoto (N) o fósforo (P) e o potássio (K).
- **Macronutrientes secundários:** são também absorvidos em grandes quantidades, mas encontram-se presentes nos solos, pelo que a maior parte das vezes não é necessário proceder à sua aplicação. São o cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).
- **Micronutrientes:** são absorvidos em pequenas quantidades, podendo causar toxicidade quando absorvidos em excesso. Incluem o ferro (Fe), o manganês (Mg), o zinco (Zn), o cobre (Cu), o níquel (Ni), o molibdénio (Mo) e o boro (B).
- O sódio (Na), o silício (Si), o cobalto (Co) e o alumínio (Al), não são considerados essenciais, mas são considerados benéficos para o crescimento das plantas.

3.2 Fertilizantes e fertilização

Os fertilizantes são substâncias que se aplicam no solo com o objetivo de melhorar a nutrição das plantas. Dividem-se em adubos, que atuam diretamente sobre a planta e corretivos, que atuam diretamente no solo, melhorando as suas propriedades e beneficiando indiretamente as plantas.



Fig. A.6. Classificação dos fertilizantes

Nos Parques Hortícolas de Lisboa privilegiam-se as práticas do modo de produção biológico, embora este não seja obrigatório. Segundo o regulamento (CE) N.º 834/2007 do Conselho de 28 de Junho (que revogou o Regulamento (CEE) N.º 2092/91) relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e as normas de execução estabelecidas pelo regulamento (CE) N.º 889/2008 da Comissão de 5 de Setembro, algumas das regras aplicáveis à produção vegetal são:

- A produção vegetal biológica recorre a práticas de mobilização e de cultivo que mantenham ou aumentem a matéria orgânica dos solos, reforcem a estabilidade e a biodiversidade dos mesmos e impeçam a sua compactação e erosão.
- A fertilidade e a atividade biológica dos solos são mantidas e aumentadas pela rotação plurianual das culturas, incluindo leguminosas e outras culturas para a adubação verde, e pela aplicação de estrume ou de matérias orgânicas, de preferência ambos compostados, provenientes da produção biológica.
- A incorporação de estrume animal proveniente do modo de produção biológico de animais desde que a quantidade total de estrume animal aplicada na exploração não exceda 170 kg de azoto/ano/hectare de superfície agrícola utilizada.
- Além disso, só podem ser utilizados fertilizantes e corretivos dos solos autorizados para utilização na produção biológica nos termos do Anexo I do regulamento (CE) N.º 889/2008 da Comissão de 5 de Setembro.
- Não podem ser utilizados fertilizantes minerais azotados.
- Todas as técnicas de produção vegetal utilizadas devem impedir ou reduzir ao mínimo eventuais contribuições para a contaminação do ambiente.

Entre as restrições à utilização das substâncias referidas no Regulamento destacam-se as seguintes:

- Os estrumes não podem ser provenientes da pecuária intensiva sem terra.
- Os estrumes secos e os excrementos de aves de capoeira não podem ser provenientes da pecuária sem terra.
- Os excrementos líquidos dos animais (chorume e urina) não podem ser provenientes da pecuária sem terra.

Com efeito, a compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica presente nos resíduos orgânicos que permite o seu tratamento e valorização, constituindo uma das soluções propostas nas linhas de orientação da Comunidade Europeia para minimizar a deposição de resíduos biodegradáveis em aterro, permitindo conciliar a proteção ambiental e a valorização destes materiais como fertilizantes orgânicos, sendo deste modo um recurso fundamental para o modo de produção biológica.

3.3 A compostagem

A compostagem é um processo aeróbio controlado de oxidação de substratos heterogéneos biodegradáveis resultante da ação dos microrganismos (bactérias, actinomicetas e fungos) e durante o qual biomassa sofre profundas transformações (mineralização e humificação parciais). O principal produto final, designado composto ou compostado, deverá ser estável, higienizado e homogéneo.

Os principais parâmetros operacionais, através dos quais podemos atuar de forma a otimizar o processo são: a relação C/N, humidade, a disponibilidade de O₂ e pH da mistura inicial de materiais orgânicos, e o controlo da temperatura durante o processo. Durante a fase ativa do processo devem ocorrer temperaturas entre 45 e 65 °C para garantir a inativação de microrganismos patogénicos e de sementes de ervas infestantes.

Aspetos práticos para realização da compostagem

Na escolha dos materiais deve ser dada atenção especial à relação C/N, à disponibilidade do carbono, à humidade e porosidade dos materiais. O intervalo óptimo para a relação C/N deve estar compreendido entre 25:1 e 30:1 e o intervalo de compatibilidade (susceptível de ser utilizado) entre 20:1 e 40:1. No Quadro A.11 são apresentados alguns exemplos de materiais orgânicos e respetivas relações C/N, embora nem todos os materiais apresentados sejam autorizados em agricultura biológica.

Os materiais ricos em carbono servem de fonte de energia para os microrganismos, resultando a libertação de CO₂, vapor de água e a energia que não é utilizada no metabolismo é libertada na forma de calor. Incluem cascas de árvores, aparas de madeira, as podas dos jardins, folhas e agulhas das árvores, palhas, etc.

O azoto é necessário para o crescimento dos microrganismos, nomeadamente, para a síntese das suas proteínas. Materiais ricos em azoto são por exemplo: folhas verdes, estrumes animais, restos de plantas hortícolas e erva.

Quadro A.11. Relações carbono/azoto de alguns estrumes, compostos e outros materiais orgânicos (MADRP, 1997)

Produto orgânico	C/N	Produto orgânico	C/N
Estrumes		Palhas	
Bovino fresco	14-20	Aveia, cevada e trigo	60-70
Bovino curtido	18-25	Centeio	77
Cavalo	22-25	Milho	50-55
Ovino	20-25	Tremocilha siderada	13
Frangos de engorda	11-13	Caruma	50
Dejetos frescos de galinhas	7-13	Fetos e giestas	15-20
Galinhas poedeiras	5	Compostos	
Perus	11	Resíduos de jardim	10
Chorume de porco – f sólida	10-16	Resíduos sólidos urbanos	12-18
Serradura	200-220	Lamas celulósicas	18

Os materiais a utilizar na compostagem não devem conter vidros, plásticos, tintas, óleos pedras ou outros materiais inorgânicos de grande dimensão. Não devem conter gorduras ou ossos pois estes atraem os roedores.

Deve evitar-se substâncias com carácter alcalinizante como a cinza e o calcário pois aumentam o pH contribuindo para as perdas de azoto por volatilização de amoníaco.

As partículas de material a compostar devem ter dimensões entre os 2 e os 8 cm para permitir a circulação do ar no interior da pilha. Quanto menor for o tamanho das partícula mais fácil é o ataque microbiano, mas por outro lado há riscos de compactação e de falta de oxigénio.

A pilha de compostagem não deve ficar exposta ao solo direto nem ao vento para que não seque, nem à chuva para que não ocorra a lixiviação de nutrientes.

As pilhas devem ser cobertas com tecido que permita a entrada de ar e a saída de vapor, mas não a entrada da chuva. Os plásticos não são aconselháveis pois não permitem as trocas gasosas.

Quando a compostagem é realizada em compostores deverá ser dada especial atenção ao arejamento para evitar situações indesejáveis de anaerobiose.

Durante o processo de compostagem é essencial assegurar o arejamento, a humidade e controlar a temperatura. Quando a temperatura da biomassa em compostagem atinge valores superiores a 55-60°C deve ser feito o revolvimento, o qual permite arrefecer a biomassa e ao mesmo tempo promove o seu arejamento. Deve verificar-se se o teor de humidade é adequado para a ocorrência das reações biológicas, já que a excessiva desidratação da biomassa em compostagem, com o consequente declínio de atividade microbiana, pode ser interpretada erradamente como tendo sido alcançada a estabilização dos materiais e, no entanto, apenas ter sido alcançada uma estabilização física, ou seja, a desidratação e, uma vez re-humidificada a biomassa, ocorrerá a elevação da temperatura. Uma forma expedita de avaliar se a água presente na mistura em compostagem é suficiente basta apertar na mão um pedaço da mistura, se a mão ficar molhada, mas não escorrer água em fio é porque a quantidade de água é adequada. Se a mão ficar seca é necessário adicionar água.

Para determinar o final do processo é necessário verificar se a temperatura mantém constante e próxima da temperatura ambiente e não varia quando se revolve a pilha. Esta avaliação pode ser feita por meio de sondas de temperatura ou, mais empiricamente, através do tato. Ao longo do processo de compostagem, os materiais sofrem várias transformações que podem ser também avaliadas visual e olfativamente. Com efeito, a aparência dos materiais muda radicalmente e nos produtos finais não deve ser possível identificar quer os materiais de partida, quer as suas características de cor e de odor. É, pois, uma prática usual a observação da cor dos compostos, já que durante o processo se verifica que os materiais escurecem gradualmente. O odor também varia, e nos compostos maturados é característico o aroma vulgarmente designado “terra molhada” devido à presença de geosmina.

4 Rega

4.1 Conceitos

4.1.1 A água do solo disponível para as culturas

O solo é constituído por partículas minerais (areia, limo e argila), que se arrumam originando poros (Fig. A.7). Os poros podem ser preenchidos com água (mais corretamente solução do solo) e/ou ar.

O solo contém ainda matéria orgânica (húmus e restos de plantas e animais), em percentagem variável.

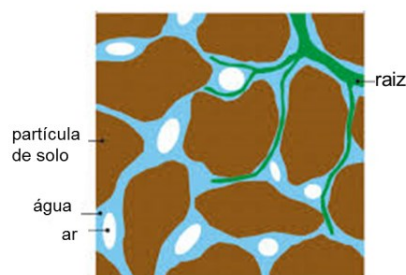


Fig. A.7. Constituição geral de um solo

Um solo adequado ao cultivo de plantas deve conter as proporções aproximadas apresentadas na Fig. A.8.

Deste modo, existe água suficiente para as plantas, mas não em excesso de modo a provocar a asfixia das suas raízes.

Mas, nem toda a água existente no solo se encontra disponível para as plantas.

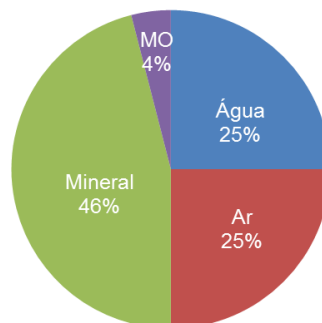


Fig. A.8. Condições ótimas de um solo para cultivo

A água não se move livremente no solo, a não ser que este esteja saturado, sendo atraída pelas partículas do solo, ficando em volta delas e ocupando o espaço poroso.

A força com que a água está retida depende da quantidade de água no solo. Quanto menor é a quantidade de água no solo, maior é a força de retenção e portanto, maior é o esforço que as plantas devem fazer para absorver a água. Na prática, por conveniência, em vez de se trabalhar com a força de retenção trabalha-se com a energia ou pressão correspondentes.

Podem verificar-se as três situações indicadas na Fig. A.9. Quando chove, ou se rega abundantemente o solo, este pode ficar saturado, ou seja, todos os poros estão cheios de água. Quando termina a rega ou a chuvada, os poros maiores perdem água devido à ação da gravidade, originando a drenagem (a). Passados 1 a 3 dias, consoante o tipo de solo, quando este ainda está muito húmido, mas já terminaram os movimentos gravitacionais, dizemos que o solo se encontra à **capacidade de campo** (b). Nesse momento já não há drenagem e a água fica retida no solo, disponível para a planta. À medida que a planta vai absorvendo água, e que ocorre evaporação à superfície, a humidade do solo vai diminuindo, ficando a água retida apenas nos poros mais

pequenos. Quando a quantidade de água no solo é tão baixa que a planta já não a consegue extrair, dizemos que o solo se encontra no **coeficiente de emurchecimento (c)**.

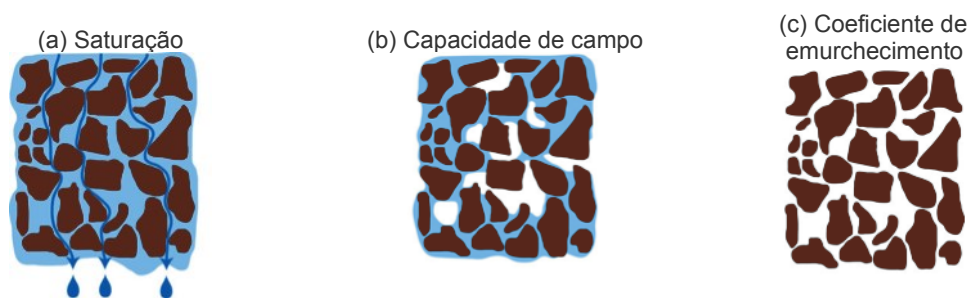


Fig. A.9. Representação esquemática da água no solo em três situações (adaptado de Oliveira, 2003)

A **água disponível para as plantas, ou capacidade utilizável**, é então a diferença entre a capacidade de campo (CC), que é a quantidade máxima de água que o solo pode reter e o coeficiente de emurchecimento (CE), quando a planta já não é capaz de extrair água (Fig. A.10).

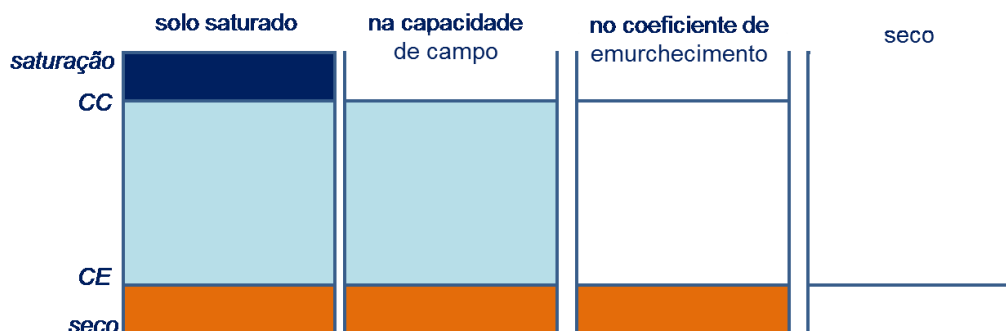


Fig. A.10. Diagrama representando o solo como um reservatório em quatro estádios de humidade (adaptado de Oliveira, 2003)

Os teores de água no solo, a capacidade de campo e o coeficiente de emurchecimento variam com a textura do solo. Os solos de textura fina, pesada ou argilosa têm elevada capacidade de retenção da água. Os solos de textura grosseira, ligeira ou arenosa têm baixa capacidade de retenção da água. O Quadro A.12 apresenta valores guia de capacidade de água utilizável para solos com diversas texturas.

Quadro A.12. Valores guia para a capacidade de água utilizável de alguns solos (adaptado de Oliveira, 2003)

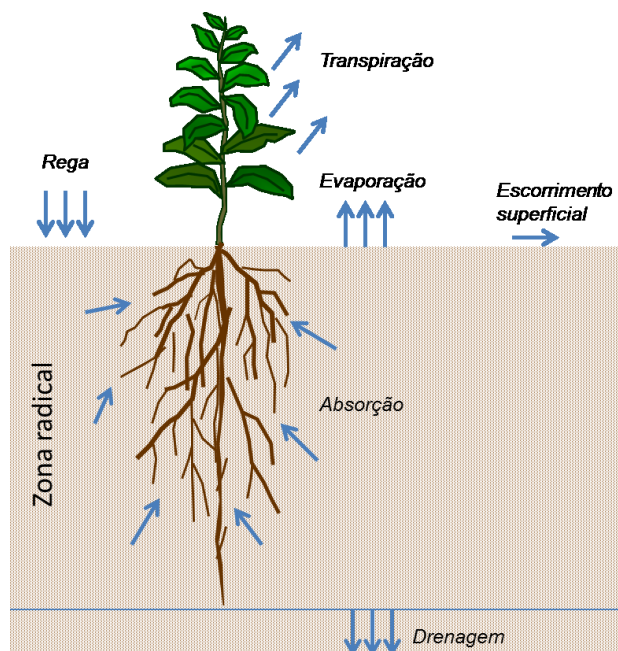
Textura	Água utilizável em litros por m ² e por metro de profundidade
Fina (argiloso, argilo-limoso, argilo arenoso)	192
Média (franco argilo arenoso, franco, franco arenoso)	158
Grosseira (arenoso franco, arenoso)	75
Médio com algum saibro	100
Médio com muito saibro	58
Médio com cascalho	100

A profundidade das raízes da cultura, em conjunto com a capacidade de campo e o coeficiente de emurchecimento do solo, determinam a **reserva de água utilizável pelas culturas**. Uma vez que as raízes crescem ao longo do ciclo da cultura, explorando uma profundidade cada vez maior de solo, a quantidade de água disponível no solo também aumenta.

4.1.2 Balanço de água no solo

A zona radical é a zona do solo onde se encontram as raízes da planta. A Fig. A.11 representa a zona radical de uma planta e todos os ganhos e perdas de água que ocorrem numa cultura regada.

Devido à procura climática, a planta transpira através das folhas e a água **absorvida** do solo pelas suas raízes. Ao mesmo tempo, ocorre evaporação de água à superfície do solo. À soma das duas componentes chama-se **evapotranspiração (ET)**.



Quando a água é aplicada ao solo a uma taxa maior que a que o solo consegue infiltrar, o excesso é perdido por **escorrimento superficial (ES)**.

Quando a água sai da zona radical deixa de estar ao alcance das raízes e é transferida por **drenagem (D)** para as águas subterrâneas, podendo com ela arrastar consigo os nutrientes.

A rega tem como objetivo a reposição da água evapotranspirada de modo a que a planta não entre em *stress* hídrico, e ao mesmo tempo a minimização das perdas de água e nutrientes correspondentes ao escoamento superficial e à drenagem.

Fig. A.11. Balanço de água na zona radical de uma cultura

4.2 Modo de aplicação da água de rega

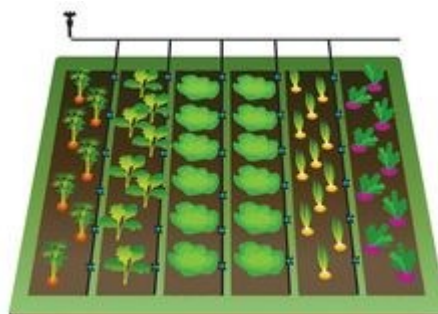
A água utilizada para a rega nos Parques Hortícolas de Lisboa é maioritariamente proveniente da rede de abastecimento para consumo da população. A exceção corresponde à Quinta da Granja, onde a água de rega provém de um poço e de duas minas. Deste modo, a qualidade da água para a rega é boa.

O método de rega atualmente mais utilizado nos parques hortícolas da cidade de Lisboa é a rega por sulcos. No entanto, a este método associam-se consumos elevados de água devido às elevadas perdas de água por evaporação, drenagem e escoamento superficial. Se o método de rega por sulcos não for convenientemente gerido, a sua eficiência pode ser inferior a 60%, ou seja, pode

perder-se 40% da água aplicada. Apenas numa horta localizada no parque hortícola da Granja foi identificado um sistema de rega gota-a-gota.

Propõe-se, neste guia, que seja generalizada a instalação de sistemas de rega gota-a-gota nos Parques Hortícolas de Lisboa, listando-se as seguintes vantagens:

- Poupança de água, pois esta é aplicada apenas ao pé da planta (eficiência = 90-95%).
- Prevenção de doenças, pois a folhagem mantém-se seca e por outro lado não há arrastamento dos agentes patogénicos, tais como a antracnose do tomateiro, o míldio da batateira e a potra da couve (Ferreira *et al.*, 1999).
- Controlo das infestantes pois não é aplicada água fora da linha da cultura.
- Redução das perdas de nutrientes.
- Redução da erosão do solo.
- Instalação fácil.
- Requer pouca mão-de-obra.



O sistema é de fácil instalação e pode ser ligado à torneira existente nas hortas, que tem caudal e pressão suficientes.

4.3 Quando e quanto regar

Os principais aspetos a atender são:

- A quantidade de água a aplicar com a rega deve ser suficiente para compensar as perdas por evapotranspiração, mas de modo a não ocorrerem perdas por escoamento superficial e por drenagem.
- Uma rega eficiente deve manter a humidade do solo entre a capacidade de campo e o coeficiente de emurchecimento.
- Excesso de água no solo causa asfixia das raízes e o desenvolvimento da planta é prejudicado.

A evapotranspiração das culturas depende de:

- Factores climáticos tais como a radiação, a temperatura e humidade do ar e o vento (Fig. A.12). Temperaturas elevadas, humidade baixa, céu limpo e vento forte causam valores elevados de evapotranspiração e, portanto, aumentam a necessidade de rega.
- Características culturais, tais como o tipo de cultura, a variedade usada e a fase do desenvolvimento das plantas condicionam os valores de evapotranspiração (Quadro A.13).

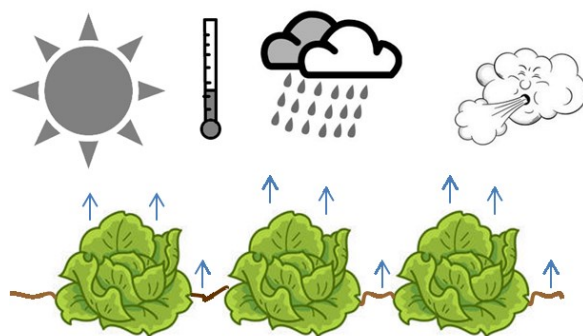


Fig. A.12. Factores climáticos que afetam a evapotranspiração das culturas

Quadro A.13. Tolerância de algumas hortícolas ao stress hídrico (adaptado de Kemble, 2000)

Cultura	Tolerância ao stress	Período crítico
Abóbora	Media	Frutificação
Aipo	Baixa	Sempre
Alface	Media-alta	Desenvolvimento da cabeça
Alho francês	Baixa-média	Sempre
Batata	Media	Depois da floração
Batata-doce	Alta	Frutificação até ao fim
Beterraba	Média	Expansão das raízes
Cebola	Baixa	Formação do bolbo
Cenoura	Media-alta	Germinação
Couve brócolo	Baixa	Desenvolvimento da cabeça
Couve repolho	Media-alta	Desenvolvimento da cabeça
Couve-de-bruxelas	Média	Formação dos rebentos
Couve-flor	Baixa	Desenvolvimento da cabeça
Ervilha	Baixa	Floração
Espargo	Elevada	Transplantação
Espinafre	Baixa	Sempre
Feijão seco	Media	Floração
Melancia	Media-alta	Desenvolvimento do fruto
Melão	Média	Floração e desenvolvimento do fruto
Milho doce	Media-alta	Bandeira
Nabo	Média	Expansão da raiz
Pepino	Baixa	Floração e frutificação
Pimento	Media	Transplantação e floração
Rabanete	Baixa	Sempre
Cherivia	Alta	Desenvolvimento da raiz
Tomate	Media	Desenvolvimento do fruto

4.4 Métodos para avaliação da água nos solos das hortas urbanas

Como se referiu no ponto “quando e quanto regar”, o conhecimento da humidade do solo é muito importante para a realização de uma rega eficiente. Permite:

- Verificar quando é necessário regar para repor os consumos de uma determinada cultura.
- Avaliar uma rega já realizada, ou seja verificar se a água aplicada foi suficiente para se atingir a profundidade desejada.
- Apreciar até que ponto determinada chuvada durante a época de rega foi eficaz, podendo deste modo evitar-se uma rega.
- Tomar diversas decisões em função da água do solo.

Apresentam-se seguidamente dois métodos distintos que permitem ao hortelão fazer a avaliação da humidade do solo.

A avaliação baseada na aparência e espeto do solo é um método expedito, rápido e barato

Como aplicar o método:

- Retirar uma amostra de solo à profundidade desejada, que deverá corresponder à profundidade média da zona radical, com a ajuda de um trado.
- Após a colheita, manusear a amostra na mão e recorrer ao Quadro A.14, se o solo apresentar textura média.

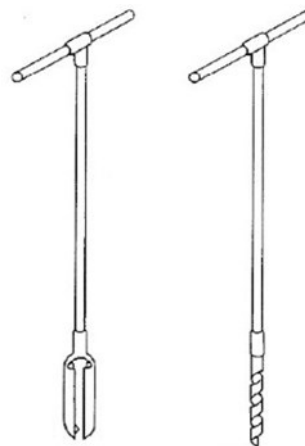


Fig. A.13. Trados para colheita de amostras de solo

Exemplo (Oliveira, 2003)

- Textura do solo: franco limosa
- Armazenamento de água na CC (Quadro A.12): 192 mm /m;
- Estado de humidade pelo método baseado na aparência do solo (Quadro A.14): 50 %;
- Profundidade das raízes da cultura: 30 cm
- **Água armazenada no solo = $192 \times 0.3 \times 0.5 = 28.8 \text{ L m}^{-2} \text{ (mm)}$**
- **Quantidade de água a aplicar na rega = $192 - 28.8 = 163.2 \text{ L m}^{-2} \text{ (mm)}$**

Quadro A.14. Monitorização da água do solos franco argilo arenosos, francos e franco limosos, pela sua aparência (Oliveira, 2003)

Água disponível	Aparência do solo
0 – 25 %	Seco, os agregados quebram-se facilmente, não fica qualquer mancha nos dedos, os agregados de solo esboroam-se quando é aplicada pressão sobre eles
25 – 50 %	Ligeiramente húmido, forma uma bola pouco consistente e com superfícies rugosas, não deixa vestígios de água nos dedos, alguns grãos dos agregados podem esboroar-se
50 – 75 %	Húmido, forma uma bola, mancha muito tênue de humidade nos dedos, cor castanha escura, flexível, forma um cordão pouco consistente quando manuseado entre o polegar e o indicador
75-100 %	Molhado, forma uma bola deixando bem vincadas as marcas dos dedos, ligeira a bem nítida película de água nos dedos, forma um cordão quando manuseado entre o polegar e o indicador
100 %	Molhado, forma uma bola macia, aparece água à superfície logo que a amostra for apertada, média a forte película de água nos dedos



A **avaliação baseada na utilização de tensiómetros** é um método pouco dispendioso e eficaz para culturas hortícolas. Embora de utilização muito simples, a aplicação do método pelo hortelão beneficiará com acompanhamento de um técnico.

O tensiómetro (Fig. A.14, Fig. A.15) é um equipamento que se instala na horta durante a época de rega, com o objetivo de medir a pressão (ou tensão) com que a água está retida no solo.

Constituição de um tensiómetro:

Cápsula porosa de cerâmica, ligada a tubo de PVC preenchido com água.

O tubo é munido de uma tampa para manter o sistema hermeticamente fechado e para possibilitar o seu preenchimento com água.

O tubo está ligado a um dispositivo de medição de pressões, manómetro, geralmente calibrado em centibar (cbar).

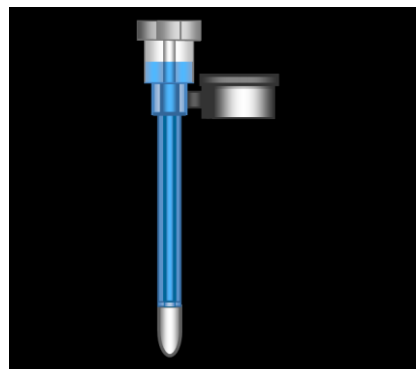


Fig. A.14. Constituição do tensiómetro



Fig. A.15. Tensiómetro para condução da rega

O princípio de funcionamento do tensiómetro baseia-se na variação de pressão criada no interior do tubo quando a água sai pela cápsula porosa. Quanto mais seco está o solo, mais água sai através da cápsula porosa, maior é a sucção criada dentro do tubo, e maiores serão os valores lidos no manómetro. Quando o solo recebe água (rega ou chuva), esta passa do solo para o tubo diminuindo os valores da pressão no seu interior, diminuindo a leitura no manómetro. Deste modo, a leitura no tensiómetro fornece indiretamente uma medida da força que a planta tem que fazer para retirar água do solo.

Portanto:

- Leitura altas: solo com pouca humidade.
- Leituras baixas: solo com muita humidade.

Aplicação do método:

Devem ser instalados dois tensiómetros. Um deve ser colocado com a cápsula a pouca profundidade, com o objetivo de indicar o início da rega. O outro deverá ser colocado à profundidade máxima das raízes e determina o final da rega, nunca se devendo ultrapassar a CC, que corresponde a uma leitura de 10 cbar.

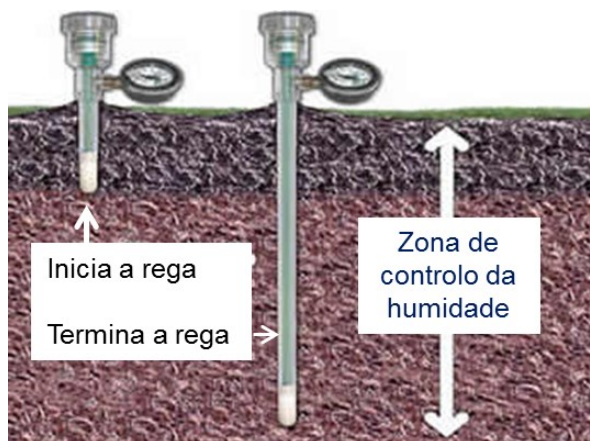


Fig. A.16. Aplicação do método dos tensiómetros

Quadro A.15. Profundidade de instalação recomendada para os tensiómetros

Cultura	Tensiómetro	
	Superficial	Mais profundo
Hortícolas de folha	15-20	30
Restantes hortícolas	30-40	60

Quadro A.16. Utilização da leitura dos tensiómetros para iniciar a rega, de acordo com os tipos de solo

Leitura do tensiómetro (cbar)	Interpretação
0	Solo saturado
0-10	Boa disponibilidade de água para as plantas Não se deve regar
11-20	Boa disponibilidade de água para as plantas Não é necessário regar, porque a quantidade de água para as plantas se encontra dentro da reserva utilizável
21-40	Solos arenosos: início da rega a 21 cbar Solos franco-arenosos: início da rega a 30 bar Solos francos e argilosos: não regar
41-60	Solos francos: início da rega a 41 cbar Solos argilosos: não regar se a acultura não for muito sensível Solos arenosos: riscos de <i>stress</i> hídrico, prejuízos para as culturas
61-80	Solos arenosos, franco-arenosos e francos: a reserva de água utilizável está esgotada e as plantas estão em situação de grande stress hídrico Solos muito argilosos: início da rega a 61 cbar Os tensiómetros deixam de funcionar a partir de 80-85 bar

Exemplo: couve repolho em solo de textura franco arenosa

- Início da rega: Leitura no tensiómetro colocado a 15 cm de profundidade: 30 cbar.
- Final da rega: Leitura no tensiómetro colocado a 40 cm de profundidade: 10 cbar (CC).

5 Medidas de mitigação e de recomendações visando a proteção da saúde pública

As hortas urbanas, pela sua localização, podem estar sujeitas a contaminações por substâncias poluentes (cf. secção 4.2 deste relatório). A proximidade com fontes poluentes ou a prévia utilização dos locais onde se estabelecem as hortas podem originar poluição por uma grande variedade de produtos químicos que se podem manter nos solos durante muitos anos. Fontes particularmente importantes de substâncias poluentes são as estradas (especialmente as de grande movimento), aeroportos, zonas industriais, postos de abastecimento de combustível, ferros-velhos, linhas de comboio, entre muitas outras. Assim, é necessário alguns cuidados básicos para escolher os melhores locais e para reduzir ou eliminar a contaminação dos produtos vegetais que são cultivados nesses terrenos, em particular se no presente ou no passado estiveram perto das atividades acima descritas.

No contexto do exposto, e visando proteger a saúde pública, apresenta-se o seguinte conjunto de medidas e de recomendações (extraídas do capítulo 8 deste relatório) para a:

Seleção do local adequado para a instalação de parques hortícolas, do ponto de vista ambiental:

- Analisar o uso histórico do local por forma a identificar potenciais riscos de poluição dos solos e da água proveniente de emissões / resíduos originados pelo uso passado.
- Avaliar o impacto das atividades atuais e infraestruturas do bairro (ar, água, contaminação direta do solo).
- Analisar a geologia subjacente para determinar o risco de poluição do solo e da água (e.g. litologia rica em minério).
- Considerar os ventos predominantes a partir de potenciais focos de poluição.
- Avaliar o potencial de inundação em zonas com risco de cheia.
- Avaliar a existência de água própria para rega e de exposição solar.
- Avaliar a qualidade dos solos utilizando indicadores base: textura, pH, matéria orgânica, nutrientes (N e P) e condutividade elétrica.
- Avaliar a contaminação dos solos em relação a metais pesados e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos.
- Pensar em soluções alternativas no caso de haver poluição do solo, utilizando, p.e. caixas onde é colocado solo não poluído.

Na ausência de informação, ou de modo a garantir a máxima segurança possível, há um conjunto de medidas e de atitudes que podem reduzir bastante o risco de contaminação dos produtos vegetais e o risco que advém do consumo desses produtos, p.e. através da seleção das espécies mais adequadas em áreas potencialmente contaminadas. Em seguida enumeram-se alguns cuidados e princípios básicos que podem ser seguidos no cultivo em hortas urbanas:

- Cobrir a horta com uma camada de solo comprovadamente não contaminado onde serão instalados os produtos hortícolas.
- Considerar que a adição de matéria orgânica ao solo (tal como muitos resíduos, estrume ou matéria compostada, desde que não esteja contaminada) pode reduzir bastante a contaminação dos vegetais, já que as substâncias contaminantes tendem a ficar retidas nessa matéria orgânica.
- Considerar que a adição de substâncias que aumentem o pH do solo (ou seja, reduzem a sua acidez) pode também conduzir a uma menor contaminação das plantas.
- Evitar o cultivo de hortícolas para consumo, caso os limites aconselhados para os teores de contaminantes nos solos excedam os estabelecidos por lei ou pelas melhores normas internacionais.
- Evitar plantar hortícolas com maior capacidade para absorver metais pesados nas partes edíveis, como a alface couve, espinafre e ervas aromáticas, em áreas potencialmente mais contaminadas.
- Evitar o cultivo de plantas cuja parte edível seja subterrânea (como a batata, nabo e cenoura) em solos mais contaminados e, em qualquer caso, proceder ao descasque do tubérculo ou da raiz.
- Atender a que as espécies que apresentam menor risco de contaminação da cadeia alimentar são aquelas em que a parte comestível é o fruto (como o tomate, feijão e pimento), devido ao menor teor de contaminantes que se acumulam neste órgão da planta.
- Proceder, no caso em que o cultivo de plantas cuja parte edível seja subterrânea, sempre ao descasque do tubérculo ou da raiz, antes da sua preparação culinária ou do seu consumo em fresco.
- Descartar as folhas mais velhas ou as folhas mais externas dos vegetais.

Procedimentos globais de boas práticas:

- Evitar utilizar na horta quaisquer materiais potencialmente contaminantes, como por exemplo traves de madeira tratadas quimicamente ou provenientes de linhas de caminho-de-ferro.
- Criar uma barreira de arbustos a separar a zona de cultivo de hortícolas de potenciais fontes de contaminação, por exemplo caso a horta se encontre perto de estradas bastante movimentadas.
- Proceder, em todas as situações, a uma cuidada lavagem de todos os vegetais com água antes da sua ingestão ou da sua preparação culinária.
- Usar calçado específico para a horta de modo a não levar partículas de terra para casa ou para o carro.
- Lavar as mãos imediatamente após as atividades de jardinagem, especialmente antes de comer; preferencialmente, todas essas atividades devem ser efetuadas usando luvas.
- Ensinar as crianças que não devem levar as mãos sujas de terra à boca nem consumir produtos vegetais não lavados.

Referências bibliográficas

- CML, 2016. <http://www.cm-lisboa.pt/en>, consultado em Janeiro 2016.
- Ferreira, J. C., Strecht, A., Ribeiro, J.R., Soeiro, A. e Cotrim, G., 1999. **Manual de Agricultura biológica – Fertilização e protecção das plantas para uma agricultura sustentável**, 2ª ed., Ed. Agrobio
- Fundação Biológica, 2015. **Manual de criação e manutenção de uma horta biológica**. Fundação Biológic@, Maia.
- Kemble, J.K. 2000. **Basics of Vegetable Crop Irrigation**. Alabama A & M and Auburn Universities, USA.
- MADRP, 1997. **Código das boas práticas agrícolas para a protecção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola**. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- MADRP, 2007. **Quando regar e qual a quantidade?** Ficha técnica n 2, Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Norte.
- Mohler, C., Johnson, S. (eds) 2009. **Crop rotation on organic farms: A planning manual**. Plant and life sciences publishing. NY.
- Mourão, I. (ed.) 2007. **Manual e Horticultura no modo de produção biológico**. Pprojecto PO AGRO DE&D.
- Oliveira, Isaurindo 2003. **Guia de rega: Monitorização da água do solo pela aparência do solo**, C.O.T.R.
- Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho de 28 de junho, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:02007R0834-20130701>, consultado em Janeiro 2016.
- Regulamento (CE) n.º 889/2008 da Comissão de 5 de setembro, que estabelece normas de execução do Reg. (CE) n.º 834/2007. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:02008R0889-20150101>, consultado em Janeiro 2016.

