



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE BRAGANÇA** Escola Superior Agrária

**Avaliação do estado nutricional e do teor em metais pesados de
plantas cultivadas nas hortas sociais do Instituto Politécnico de
Bragança**

Henda Gonçalves António Lopes

*Dissertação apresentada a Escola Superior Agrária de Bragança para
obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia*

Orientado por

Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Co-orientado por

Professora Doutora Margarida Maria Arrobas Rodrigues

Bragança, 2014

*A minha filha Hendira,
dedico*

A ti meu amor

Lira Campos

Agradecimentos

Especial agradecimento aos meus orientadores, Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues e Professora Doutora Margarida Arrobas Rodrigues, pelo companheirismo, amizade, dedicação, e acima de tudo pelo incansável apoio prestado desde o início ao final deste trabalho.

Às técnicas e bolsistas de investigação do laboratório de solos da Escola Superior Agrária, Rita Diniz, Ana Pinto, Isabel Ferreira e Sara Freitas respetivamente, pelas orientações e o apoio prestado.

Ao Instituto Politécnico de Bragança pela hospitalidade e por ter-nos concedido esta oportunidade de ampliar os nossos horizontes académicos.

Ao Instituto Superior Politécnico do Kuanza-Sul, pela confiança depositada em nós.

À todos os meus colegas Angolanos, pela amizade, companheirismo, ajuda prestada nos momentos em que solicitei ao longo desta formação.

À minha família, em especial aos meus Pais e irmãos, por nunca terem deixado de acreditar em mim, pelo apoio, carinho e o incentivo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente deram o seu contributo para concretização deste trabalho, o meu muito obrigado.

Índice Geral

Agradecimentos.....	iii
Índice geral.....	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de quadros.....	vii
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
Introdução	xii

Parte I- Revisão bibliográfica

1-Agricultura urbana.....	1
1.1-Conceito e importância.....	1
1.2-Agricultura urbana e desenvolvimento sustentável.....	3
1.3-Agricultura urbana em países em desenvolvimento.....	5
1.4-Gestão da fertilidade do solo e do estado nutricional das culturas.....	6
1.4.1-Análise de terras como técnica de diagnóstico da fertilidade do solo.....	6
1.4.2-Análise de tecidos vegetais.....	8
1.4.2.1-Fatores que afetam a composição mineral das plantas.....	9
1.5-O azoto no sistema solo/planta.....	10
1.5.1-Dinâmica de azoto no solo.....	11
1.5.2-Entradas de azoto no sistema solo/planta.....	11
1.5.3-Saídas de azoto do sistema solo/planta.....	12
1.5.4-Mineralização e imobilização de azoto.....	13
1.6-Nitratos em vegetais.....	15
1.6.1-Relação da ingestão de nitratos com a saúde humana.....	15
1.6.2-Relação com práticas de gestão da fertilização.....	17
1.7-Metais pesados.....	18
1.7.1-Acumulação de metais pesados nos solos.....	19
1.7.2-Metais pesados em vegetais.....	19

Parte II- Materiais e métodos

2-O projeto de hortas urbanas do IPB.....	21
2.1-Clima da região.....	22
2.2-Solos.....	23
2.2.1-Análise Granulométrica dos solos das hortas do IPB.....	23
2.3-Colheita de material vegetal.....	24
2.4-Análise de terras.....	26
2.4.1-Determinação do teor de humidade dos solos.....	26
2.4.2-Determinação da textura.....	26
2.4.3-Determinação da concentração de nitratos e amónia.....	27
2.4.4-Determinação do valor do pH.....	27
2.4.5-Determinação da matéria orgânica.....	27
2.4.6-Determinação de fósforo e potássio assimilável.....	28
2.4.7-Determinação capacidade de troca catiónica.....	28
2.4.8-Determinação de micronutrientes no solo.....	28
2.5-Análise de plantas.....	29
2.5.1-Diagnóstico do estado nutricional das plantas.....	29
2.5.1.1-Determinação da concentração de azoto nos tecidos vegetais.....	30
2.5.1.2-Determinação da concentração de fosforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre, zinco, crómio, níquel, cádmio e chumbo.....	30
2.5.1.3-Determinação da concentração de boro.....	30
2.5.1.4-Concentração de nitratos nos tecidos.....	31

Parte III- Resultados e discussão

3.1-Determinações laboratoriais nas amostras de solos das hortas.....	32
3.2-Concentração de nitratos nos tecidos de alguns vegetais amostrados em hortas aleatórias.....	37
3.3-Estado nutricional das plantas.....	39
3.3.1-Concentração de azoto nos tecidos.....	39
3.3.2-Concentração de fósforo nos tecidos.....	40

3.3.3-Concentração de potássio nos tecidos.....	42
3.3.4-Concentração de cálcio nos tecidos.....	43
3.3.5-Concentração de magnésio nos tecidos.....	44
3.3.6-Concentração de boro nos tecidos.....	45
3.3.7-Concentração de cobre nos tecidos.....	47
3.3.8-Concentração de ferro nos tecidos.....	48
3.3.9-Concentração de zinco nos tecidos.....	49
3.3.10-Concentração de manganês nos tecidos.....	50
3.4-Concentração de metais pesados nos vegetais.....	52
3.4.1-Concentração de crómio nos tecidos.....	52
3.4.2-Concentração de chumbo nos tecidos.....	53
3.4.3-Concentração de cadmio nos tecidos.....	54
3.4.4-Concentração de níquel nos tecidos.....	55
3.4-Azoto mineral no solo.....	56
Parte IV	
4 Conclusões.....	59
5 Referências bibliográficas.....	60

Índice de Figuras

Figura 1 -Dimensão da agricultura urbana.....	2
Figura 2 -Percentagem de famílias urbanas que participam em atividades agrícolas segundo país.....	4
Figura 3 -Colheita de uma amostra parcial e método de colheita de amostras parciais para obtenção de uma amostra composta representativa da parcela.....	8
Figura 4 -Ciclo do azoto pondo em evidencia as entradas e saídas do azoto no solo e suas transformações no sistema solo/planta.....	11
Figura 5 -Localização do concelho de Bragança relativamente às restantes sedes de concelho que formam o distrito de Bragança.....	21
Figura 6 -Imagem parcial de satélite da cidade de Bragança, mostrando a localização do IPB e do local onde se encontram as Hortas Urbanas.....	21
Figura 7 -Valores relativos a média da temperatura máxima e média da precipitação total, registadas durante o período de 1971-2000.....	23
Figura 8 -Mapa das hortas urbanas do IPB. Os números realçados correspondem às hortas selecionadas para colheita de solos e/ou material vegetal para análise.....	24
Figura 9 -Comparação da concentração de nitratos em diferentes órgãos, de alguns vegetais das hortas do IPB.....	38

Índice de Quadros

Quadro 1 -Níveis máximos para nitrato em alface e espinafre de acordo com o Regulamento da Comissão Europeia (C/E 1881/2006).....	17
Quadro 2 -Classificação da textura do solo (análise granulométrica).....	24
Quadro 3 -Matéria orgânica (MO), pH, fósforo e potássio extraídos pelo método Egner-Riehm em amostras de terra colhidas nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm em hortas do IPB, selecionadas de entre aquelas em que se tinham colhidos tecidos vegetais.....	33
Quadro 4 -Concentração de alguns elementos metálicos em amostras de terra colhidas nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm em hortas do IPB, selecionadas de entre aquelas em que se tinham colhidos tecidos vegetais.....	35

Quadro 5 -Acidez de troca (AT), catiões do complexo de troca e capacidade de troca catiónica (CTC) em amostras de terra colhidas nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm em hortas do IPB selecionadas de entre aquelas em que se tinham colhido tecidos vegetais.....	36
Quadro 6 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o azoto em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	40
Quadro 7 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o fósforo em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	41
Quadro 8 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o potássio em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	42
Quadro 9 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o cálcio em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	44
Quadro 10 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o magnésio em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	45
Quadro 11 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o boro em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	46
Quadro 12 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o cobre em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	47
Quadro 13 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o ferro em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	49

Quadro 14 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o zinco em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	50
Quadro 15 -Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o manganês em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.....	51
Quadro 16 -Dispersão das concentrações de crómio nos tecidos de alguns vegetais....	52
Quadro 17 -Dispersão das concentrações de chumbo nos tecidos de alguns vegetais...53	
Quadro 18 -Dispersão das concentrações de cádmio nos tecidos de alguns vegetais....55	
Quadro 19 -Dispersão das concentrações de níquel nos tecidos de alguns vegetais.....56	
Quadro 20 -Azoto mineral em amostras de terra colhidas em três datas de amostragem nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm em hortas do IPB seleccionadas de entre aquelas em que se tinham colhido tecidos vegetais.....	57

Resumo

Em 2011, numa iniciativa da Associação Cultural e Recreativa do Pessoal do Instituto Politécnico de Bragança (ACRPIP), foram criadas as hortas sociais do IPB, que é um projeto de agricultura orgânica que visa essencialmente fomentar práticas agrícolas sustentáveis e de impacto positivo no ecossistema agrícola. Para que tal seja possível, o IPB fornece periodicamente aos horticultores estrumes para fertilização das culturas, em complemento da incorporação ao solo de restos vegetais frescos ou compostados. Desta forma, dispensa-se o uso de adubos de síntese industrial de maior dano potencial no meio ambiente e eventualmente na saúde dos consumidores dos produtos hortícolas.

Desde a Primavera ao Inverno de 2013/2014 foram colhidas várias amostras de solos e tecidos vegetais e analisadas em laboratório, com vista à avaliação da fertilidade do solo, em particular da disponibilidade de azoto mineral, do estado nutricional das plantas e da acumulação de nitratos e do teor de metais pesados nas partes comestíveis dos vegetais.

Os resultados mostraram que a concentração dos nutrientes nos vegetais foi bastante variável, dependendo do tecido e do nutriente. No caso do azoto, a concentração do nutriente nos tecidos esteve frequentemente abaixo do limite inferior de concentração adequadas, sugerindo limitação do nutriente no solo. Para a generalidade dos outros nutrientes, as plantas encontraram-se em bom estado nutricional. Em coerência com o estado nutritivo azotado, a concentração de nitratos nos tecidos esteve sempre abaixo dos limites legalmente estabelecidos pela União Europeia para a comercialização destes vegetais. Relativamente aos metais pesados, pode também verificar-se que os níveis encontrados não colocam em risco a saúde dos consumidores. Quanto ao azoto no solo, os valores encontrados mostraram-se bastante modestos, não se perspetivando risco de contaminação ambiental e a justificar os baixos valores de azoto e nitratos encontrados nos vegetais.

Palavras-chaves: agricultura urbana; estado nutricional das plantas; nitratos nos tecidos; metais pesados em vegetais.

Abstract

In 2011, an initiative of the Cultural and Recreational Association of the People of Polytechnic Institute of Bragança (ACRPIPB) created the social gardens of the IPB, which is a project of organic farming that aims primarily to foster sustainable and positive impact of agricultural practices on agricultural ecosystem. To make this possible, the IPB periodically provides the manures for crop fertilization, in addition to soil incorporation of fresh or composted vegetable residues. Thus, it is dispensed the use of synthetic fertilizers of greatest potential harm to the environment and eventually to the health of consumers of vegetables.

Since spring to winter 2013/2014 several soil and plant tissues samples were collected and analyzed in the laboratory for the assessment of soil fertility, in particular soil mineral nitrogen availability, the nutritional status of plants, the nitrate content and also the content of heavy metals in edible parts of plants.

The results showed that the concentration of nutrients in plants were highly variable, depending on the tissue and the nutrient. Regarding nitrogen, the concentration of the nutrient in tissues was usually below the lower limit of the adequate range, suggesting a shortage of the nutrient in the soil. For the other nutrients, the plants were found in good nutritional status. Consistent with the nitrogen nutritional status, tissues nitrate concentrations were always below the threshold limit established by the European Union for the marketing of these vegetables. Concerning to the heavy metals, it could also be seen that the levels found do not pose any health risk to consumers. Regarding mineral nitrogen in the soil, the values found were quite modest, which could justify the low nitrogen and nitrate concentrations in plant tissues. By other side, it also means that the risk of environmental damage is minimal.

Keywords: urban agriculture; nutritional status of plants; nitrates in tissues; heavy metals in vegetables.

Introdução

A agricultura urbana é uma forma alternativa de produção e distribuição de alimentos para autoconsumo e para revenda em pequena escala. Ela caracteriza-se por ser praticada em pequenos espaços dentro do perímetro urbano e periurbano com a utilização de recursos humanos e materiais disponíveis nesta mesma área.

A agricultura urbana, para além de centrar-se na produção de alimentos, também pode englobar a criação de pequenos animais com a mesma finalidade. Esta prática tem vindo a ganhar grande importância dentro das cidades pelos benefícios diversos associados como sejam: criação de espaços verdes; aumento da biodiversidade; redução da pegada ecológica dos alimentos; benefícios para a saúde pelo aumento de consumo de produtos frescos e sazonais; etc.. Contudo, pelo fato de ser praticada dentro do meio urbano, pode cogitar-se a possibilidade de colocar em risco a saúde dos consumidores, pela eventual contaminação dos vegetais por metais pesados e/ou pela acumulação de nitratos.

É neste contexto em que surge este trabalho, que tem como objetivo principal a monitorização do estado nutricional das plantas e da fertilidade do solo no projeto de agricultura urbana do Instituto Politécnico de Bragança. Espera-se que os resultados possam ajudar a orientar o uso dos recursos fertilizantes, reduzindo-se o risco de contaminação ambiental e contribuindo para uma atividade agrícola mais sustentável.

A presente dissertação encontra-se dividida em 4 capítulos, designadamente: revisão bibliográfica; materiais e métodos; resultados e discussão; e por fim as conclusões. No primeiro capítulo fez-se uma breve abordagem às seguintes temáticas: agricultura urbana; análise de terras como técnicas de diagnóstico da fertilidade do solo; análise de tecidos vegetais no diagnóstico do estado nutricional das plantas; nitratos nos vegetais; e acumulação de metais pesados nos vegetais. No segundo capítulo, materiais e métodos, fez-se a descrição do local de ensaio, da recolha de amostras de solos e tecidos vegetais e das técnicas analíticas utilizadas. No terceiro capítulo, resultados e discussão, foram analisados e discutidos os resultados laboratoriais tendo em conta a bibliografia consultada sobre os temas. No quarto e último capítulo surgem as conclusões, onde resumiram-se os resultados mais importantes do trabalho.

Parte I-Revisão bibliográfica

1-Agricultura urbana

1.1-Conceito e importância

Agricultura urbana pode ser definida como a produção de alimentos dentro do perímetro urbano e periurbano, bem como a criação de pequenos animais destinados ao consumo próprio ou a venda em mercados locais (Aquino, 2007). A agricultura urbana, agricultura intraurbana e periurbana vêm ganhando relevância no debate político e técnico ao nível dos urbanistas e decisores políticos autarcas.

Nos países em desenvolvimento, as cidades e os povos crescem e evoluem com muita rapidez, sendo este processo geralmente acompanhado de níveis elevados de fome e pobreza, situação que leva muitos residentes de áreas urbanas a ocupar-se em atividades para ajudar a cobrir e minimizar as suas necessidades e carências alimentares (FAO, 2010). O processo de urbanização da população mundial nas últimas décadas trouxe várias mudanças no perfil demográfico, na qualidade de vida e no abastecimento alimentar das populações. Rodrigues *et al.* (2013) referem que a agricultura urbana é um fenómeno generalizado em todo o mundo. Em estudos da FAO realizados em 1999 estima-se que 800 milhões de habitantes de cidades de todo o mundo estão envolvidos em atividades geradoras de renda relacionadas à agricultura urbana, gerando progressos e produzindo alimentos.

Apesar das várias definições generalistas sobre agricultura urbana, de acordo com Mougeot (2000) e Zeeuw (2004) ela apresenta uma enorme variedade de fatores que a identificam e caracterizam, nomeadamente: i) tipo de atividades económicas, as quais são impulsionadas pela produção e pelas vendas, cujo processo se torna mais célere porque este vai sendo facilitado pela proximidade geográfica; ii) localização, que inclui os campos agrícolas dentro das cidades ou nas suas imediações; iii) escala de produção, da qual depende o destino dos produtos alimentares e reúne as micro, pequenas e médias empresas individuais ou familiares; iv) produto final, isto é, desta forma pode afirmar-se que a produção agrícola urbana transcende a habitual ideia de que o produto final são apenas leguminosas e/ou frutas e abrange muitos outros produtos finais; v) tipos de áreas, a classificação e as opiniões com relação a este aspeto variam bastante, com relação à área onde vive o agricultor (dentro ou fora da sua área de residência), desenvolvimento da área (baldia ou construída) e modalidade de uso (arrendamento,

concessão, etc.); vi) destino final de cada produto, os destinos habituais, e talvez os mais comuns, são autoconsumo, comércio local e intercâmbio entre vizinhos, amigos e/ou familiares. As diversas dimensões referidas da agricultura urbana podem ser vistas na figura 1.



Figura 1-Dimensões da agricultura urbana (Mougeot, 2000).

O papel da agricultura urbana dentro das comunidades não se resume apenas ao provimento de alimentos ou ao alcance da segurança alimentar, ela apresenta também uma componente ecológica bastante forte. Rodrigues *et al.* (2013) sublinha a importância da agricultura urbana como fator preponderante para a redução da pegada ecológica dos alimentos (maior proximidade entre a produção e o consumidor), abertura do espaço urbano, aumento da biodiversidade urbana, criação de espaços de recreio e lazer, integração social e redução do stresse e melhoria da saúde mental. Segundo Rodrigues *et al.* (2013) as hortas urbanas podem ainda tornar-se espaços de ensino e aprendizagem sobre práticas agrícolas corretas e saudáveis, bem como de educação e sensibilização ambiental.

1.2-Agricultura urbana e desenvolvimento sustentável

De acordo com Pinto (2007) a criação de uma cidade sustentável deve passar pela integração dos espaços de agricultura urbana (hortas urbanas), enquanto espaços verdes, no modelo de desenvolvimento das cidades, integrando a estrutura ecológica urbana. Lara & Almeida (2008) defendem a mesma ideia enfatizando que a agricultura urbana contribui para a melhoria da qualidade de vida da população, pois interage com vários desafios enfrentados pelas comunidades, seja no campo da segurança alimentar e nutricional, da saúde, do meio ambiente, do lazer, da complementação de renda, da geração de postos de trabalho, da gestão da cidade, entre outros.

A agricultura urbana é importante não só porque as condições das cidades requerem a produção intensiva de alimentos perecíveis (frutas, verduras, legumes, carne, peixe, leite e derivados), mas também porque o uso produtivo destes espaços urbanos proporciona a limpeza de áreas com acúmulo de lixo, garantindo uma melhoria considerável ao ambiente local e diminuindo a proliferação de vetores de doenças (Cribb & Cribb, 2009). Delunardo (2010) acrescenta dizendo que pelo facto de a agricultura urbana gerar produtos obtidos sem o uso de insumos químicos mas sim com a máxima utilização dos recursos disponíveis nos locais onde são produzidos, confere um carácter mais saudável aos alimentos.

A agricultura urbana era frequentemente visto como um fenómeno característico apenas de cidades dos países em desenvolvimento. Contudo, atualmente há uma reversão desta ideia e a mesma passou a ser praticada em países com níveis elevados de desenvolvimento. Rodrigues *et al.* (2013) fazem referência a Nova Iorque, São Paulo e Lisboa como sendo cidades onde se desenvolvem vários programas inspirados no conceito de agricultura urbana, com vista a melhorar a qualidade de vida, promover um desenvolvimento sustentável e ajudar as pessoas carenciadas. É nesta perspetiva que Pinto (2007) defende a ideia de que as potencialidades e vantagens proporcionadas pela agricultura urbana vão para além da produção de alimentos, dada a sua relação benéfica com os mais variados constituintes do ambiente urbano (áreas verdes, paisagem, espaços de recreação e lazer), devendo a mesma ser considerada e integrada nos projetos de planeamento urbano das cidades.

Saraiva (2011) e Lara & Almeida (2008) ressaltam em seus trabalhos uma série de vantagens que a presença das hortas urbanas podem trazer para às cidades, que podem

ser resumidos em: i) melhoria da qualidade do ar; ii) requalificação de espaços urbanos públicos; iii) ajuda na saúde das pessoas, a partir do uso de plantas medicinais; iv) reciclagem de resíduos orgânicos domésticos; v) gestão da água urbana, pelo escoamento e drenagem das águas pluviais através do solo, diminuindo o perigo de cheias; vi) aumento e manutenção da biodiversidade; vii) redução da poluição atmosférica, através da captura de CO₂ pelas plantas e árvores; e viii) aumento da consciencialização ambiental, contribuindo para um incremento da percepção dos problemas ambientais.

A agricultura urbana representa uma realidade importante em muitos países (ver figura 2), assumindo formas diversificadas de produção como: hortas comunitárias, apiários, agricultura vertical, terraços verdes, produção de plantas medicinais e ornamentais, aquacultura etc.. Segundo a primeira quantificação sistemática de agricultura urbana realizada pela FAO baseada em dados obtidos em 15 países em desenvolvimento e com economias de transição, 70 % das famílias urbanas participam em atividades agrícolas e dependem da mesma para satisfazer parte das suas necessidades (FAO, 2010).

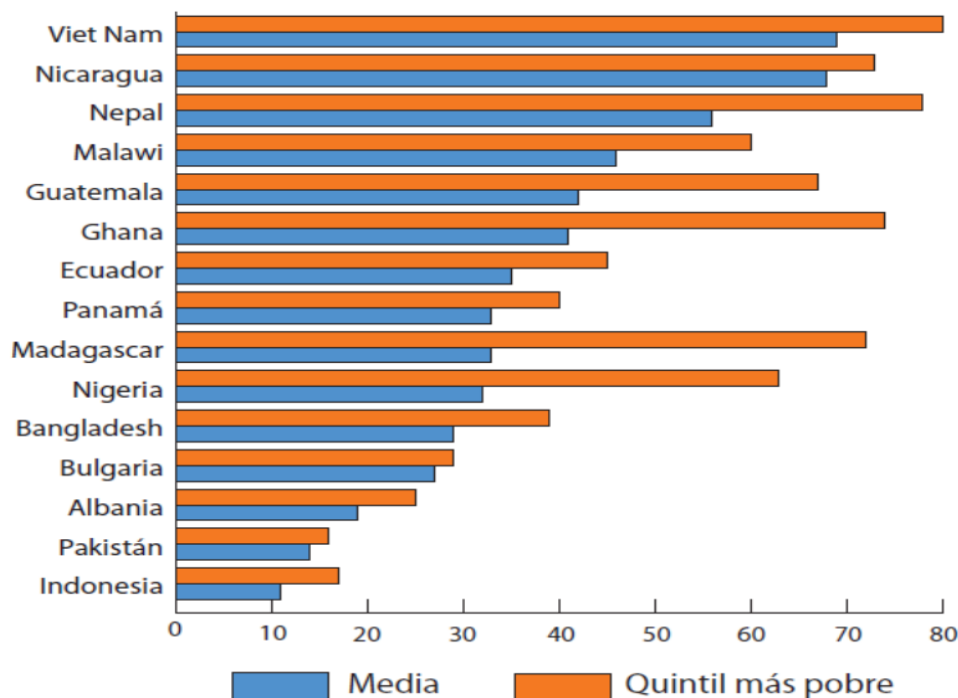


Figura 2-Porcentagem de famílias urbanas por país que participam em atividades agrícolas (FAO, 2010).

1.3-Agricultura urbana em países em desenvolvimento

De acordo com Mougeot (2005), os governos em todo o mundo entraram para o século XXI com um reconhecimento crescente de que às cidades deve ser dada mais atenção nas estratégias de desenvolvimento do que tem sido o caso na maioria das regiões e países até agora. Rodrigues *et al.* (2013) referem que, devido a crises económicas diversas, os governos, tanto de países em desenvolvimento como de países desenvolvidos, adotaram a agricultura urbana como um instrumento político de grande valor social que permitiu aumentar a segurança alimentar e mitigar a pobreza e o desemprego e em muitos casos reverter a situação criada pela crise. No presente, milhares de habitantes citadinos em todo mundo participam em atividades de agricultura urbana, como uma forma de obtenção de alimentos e uma estratégia importante para atender as necessidades familiares.

Baseado na descrição de Altieri *et al.* (1999), Schnitzler *et al.* (1999), Fall & Fall (2001) e Aquino & Assis (2007) são apresentados alguns exemplos de cidades de países em desenvolvimento com projetos de agricultura urbana relevantes.

a) Nas Filipinas, a cidade de Cagayan de Oro possui uma área total de 48.885 ha, dos quais 44,7 % classificados como área agrícola. Destes, 2.276 hectares são utilizados na produção de diversos tipos de culturas especialmente arroz, milho, banana, café, tubérculos, frutas e vegetais, geralmente produzidos nas áreas periurbanas. A criação de aves e porcos são as atividades mais importantes do setor de produção animal. Estes progressos foram atingidos porque o governo local tem consciência da importância da agricultura para o desenvolvimento da cidade.

b) Em Cuba, a agricultura urbana surgiu especificamente em Havana, como uma resposta a crise económica de 1989. Rapidamente tornou-se uma fonte significativa de abastecimento de produtos frescos para as populações urbanas e suburbanas. Atualmente a agricultura urbana em Cuba constitui uma das principais fontes de geração de emprego, contribuindo desta feita para mitigação da pobreza e autossustentabilidade das famílias.

c) No Senegal, particularmente na região de Niayes, a agricultura urbana constitui, desde décadas, a principal fonte de abastecimento em produtos hortícolas do país. Os principais cultivos são feijão, cenoura, tomate, cebola e couve. Além da horticultura, há a fruticultura e a pecuária. As práticas agrícolas são feitas com o uso de

insumos químicos, obtendo-se altas produtividades. No presente a agricultura enfrenta várias restrições relacionadas com os elevados custos de produção e com a diminuição da disponibilidade de terras. Apesar dessas restrições, a agricultura urbana representa uma importante fonte de renda para as famílias produtoras.

d) Em Kumasi (Gana) 90% de toda produção de alfaces e cebolas, bem como cerca de 75% do leite fresco consumido pelos residentes urbanos, são produzidos na própria cidade, através do uso intensivo de fertilizantes e pesticidas. Neste sentido, a rede de agricultura urbana do Gana tem procurado difundir métodos de produção biológica, especialmente a gestão integrada de pragas e a compostagem, embora sem grande sucesso até ao presente.

e) Em Belo Horizonte (Brasil) a produção agrícola dentro das cidades impulsionou a população para adoção de melhores hábitos alimentares, melhorando a sua saúde como consequência de uma alimentação mais saudável. As produções têm contribuído para melhorar a renda familiar, através da redução dos gastos com alimentação e saúde.

Finalizando esta abordagem reforça-se aqui a necessidade da valorização dos espaços urbanos produtivos e o seu importante papel na melhoria significativa da dieta alimentar das famílias envolvidas, bem como a inserção de populações marginalizadas assim como a melhoria das condições ambientais.

1.4-Gestão da fertilidade do solo e do estado nutricional das culturas

1.4.1-Análise de terras como técnica de diagnóstico da fertilidade do solo

Uma vez que o solo constitui, ainda hoje, o principal suporte físico e nutritivo das plantas, os fatores edáficos apresentam, naturalmente, o maior interesse no domínio da fertilização das culturas. À capacidade do solo em alimentar, no sentido mais amplo, as culturas nele instaladas dá-se, normalmente, a designação de fertilidade (Santos, 1983).

De entre as práticas agrícolas associadas à modificação, em sentido mais favorável, dos fatores ambientais, em particular no que se refere aos edáficos, a fertilização desempenha, sem dúvida, uma função de grande interesse. Efetivamente, as plantas, como seres vivos que são, não podem exibir o seu potencial genético de produção se não forem bem alimentadas, isto é, se não receberem, nas mais corretas

quantidades e mais convenientes equilíbrios, os nutrientes essenciais ao seu crescimento. Ora acontece que os solos, de uma maneira geral, não apresentam reservas nutritivas suficientes para satisfazer as necessidades nutricionais das culturas (Santos, 2001).

Embora não se saiba bem quando nem onde os fertilizantes terão começado a ser usados, tudo leva a crer que a sua utilização será tão antiga como a própria agricultura. Segundo Santos (2001) os cuidados que se consagram à terra para a fazer produzir terão começado onde e quando o homem, ao passar de nómada a sedentário, começou a explorar, com carácter mais intensivo, os solos das regiões em que se fixou.

No presente, a avaliação da fertilidade do solo é um instrumento decisivo no sucesso da atividade agrícola. Segundo Rodrigues *et al.* (2005) as análises de terras permitem avaliar a fertilidade do solo, sendo possível inferir sobre a disponibilidade potencial dos nutrientes para as plantas. Para uma dada produção esperada, e em condições ecológicas similares em que a eficiência do uso dos nutrientes seja idêntica, quanto maior a disponibilidade natural dos elementos no solo menor a necessidade de suplementar com a aplicação de fertilizantes. Rozane *et al.* (2011) refere que esta prática é uma ferramenta consagrada na agricultura moderna, havendo, contudo, necessidade de usá-la correctamente. A adoção de programas de adubação e calagem adequados é determinante para maximizar a produção e reduzir custos e impactes ambientais indesejados.

A análise de terras é um método de avaliação da fertilidade do solo que, embora apresentando varias limitações, é aquele que, dada a facilidade e rapidez com que pode ser aplicado, mais extensivamente é utilizado na prática. Este critério de avaliação da fertilidade pode dizer-se que se desenvolve, fundamentalmente, através das três seguintes fases (Santos, 1991):

- colheita e amostragem da terra;
- operações preliminares de análise; e
- realização das determinações

Nas recomendações de fertilização baseadas nos resultados das análises de terras são tomados em conta nutrientes existentes no solo em formas capazes de serem utilizadas pelas plantas. A colheita de amostras deve ser efetuada quando o solo não está

nem muito seco nem muito húmido. Devem ainda evitar-se locais perto de estradas ou caminhos, ou de sítios onde estiveram armazenados adubos, estrumes ou calcários. O número de amostras parciais para formar cada amostra compósita deve ser de pelo menos vinte. O procedimento correto de colheita de amostra está exemplificado na figura 3.

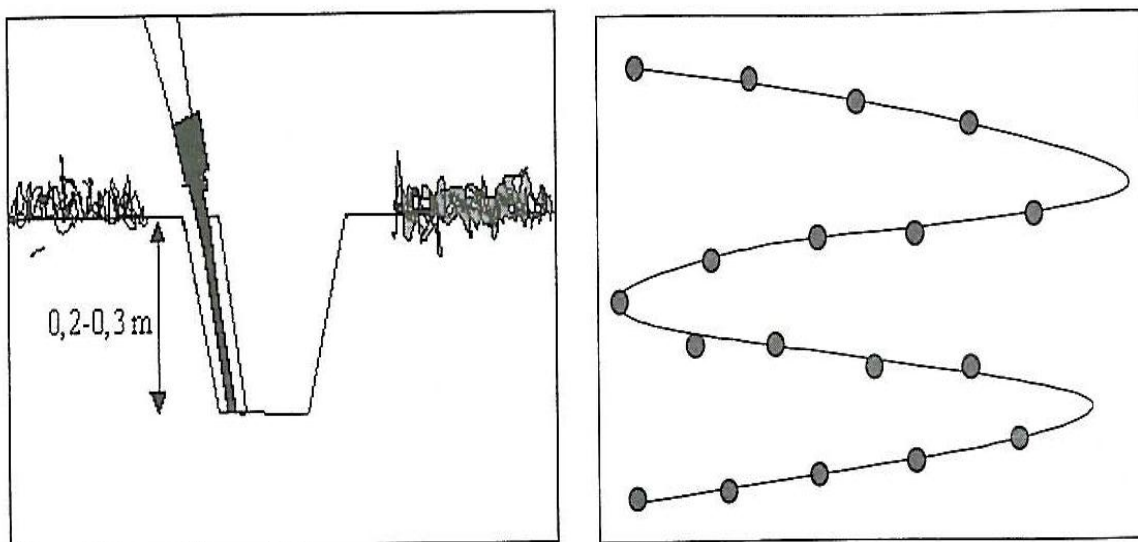


Figura 3-Colheita de uma amostra parcial (à esquerda) e método de colheita de amostras parciais para obtenção de uma amostra compósita representativa da parcela (à direita) (Santos, 1983).

A amostra de terra sob a qual vai incidir a análise deverá representar, tanto quanto possível, a parcela de terreno em estudo. Uma amostra que, por deficiente colheita e/ou amostragem, não é representativa introduz, desde logo, uma causa de erro que já não poderá ser compensada, mesmo que se observe o maior rigor na realização das determinações (Santos, 1996).

1.4.2-Análise de tecidos vegetais

Os primeiros trabalhos referentes à análise de plantas começaram a ser desenvolvidos ainda no século XIX. Nessa altura os investigadores procuravam um método que ao invés de fornecer apenas informações sobre a fertilidade do solo, fornecesse também informações sobre o estado nutritivo das plantas (Rodrigues, 1997).

No diagnóstico do estado nutricional das plantas analisa-se a concentração de nutrientes em determinados tecidos, em estados fenológicos bem definidos. A folha é frequentemente o órgão mais utilizado para esse fim, já que apresenta uma boa resposta à variação da disponibilidade de nutrientes no solo. Para se obter um bom diagnóstico do estado nutricional das plantas é importante identificar os principais fatores que influenciam na concentração dos elementos nos tecidos, principalmente com relação à época de amostragem, idade dos tecidos ou posição dos tecidos na planta, etc..

A análise de plantas pode ser realizada com diversas finalidades:

- diagnosticar problemas nutricionais, sobretudo deficiências ou toxicidades de micronutrientes e a presença de níveis elevados de outros elementos vestigiais;
- obter recomendações de fertilização, sobretudo para culturas arbóreas e arbustivas;
- verificar à posteriori se a fertilização efetuada foi adequada para satisfazer as necessidades da cultura; e
- calcular a quantidade de nutrientes exportados pela cultura.

1.4.2.1-Fatores que afetam a composição mineral das plantas

Para avaliação do estado nutricional das culturas é importante identificar os principais fatores que influenciam na concentração dos elementos minerais nos tecidos, principalmente com relação ao estado fenológico das plantas e idade dos tecidos, escolha do tecido e sua posição na planta e ainda a época de amostragem

Rodrigues (1997) considera que um dos factores que mais causa interferência na interpretação dos resultados da análise de plantas é a idade fisiológica da planta, por ser um dos factores que mais afecta a concentração de nutrientes. Maia (2012) refere que, para contornar os efeitos da idade da planta sobre a concentração dos nutrientes nos tecidos, é necessário que a amostra da planta a ser analisada seja retirada de tecidos com a mesma idade fisiológica. Varennes (2003) considera também que o estado fenológico influencia o teor de nutrientes na planta, ainda que as espécies arbóreas apresentem menores variações nos níveis de nutrientes nas folhas do que as espécies anuais, devido

ao efeito tampão dos ramos. Contudo, em todo o tipo de plantas, crescimento e produção dependem da concentração adequada de nutrientes.

No que se refere à parte da planta a analisar, deverá utilizar-se aquela que melhor represente o estado nutricional da planta (Santos, 1996; Rodrigues, 1997). O problema não é fácil de resolver visto que ocorre variação diferenciada entre cada um dos nutrientes. Nos Estados Unidos, por exemplo, recomenda-se para o milho a utilização do caule principal para o azoto, das nervuras principais das folhas próximas das espigas para o fósforo e do limbo das folhas para o potássio. Em culturas arbóreas, como oliveiras e laranjeiras, têm sido verificadas variações na composição das folhas em função da sua posição na copa. É frequente a ocorrência de diferenças entre as partes interiores e as partes exteriores, entre as partes mais baixas e as partes mais altas e até em função da orientação (pontos cardeais). Para as culturas anuais, a posição física dos tecidos na planta é mais difícil de dissociar do efeito da idade fisiológica.

Com relação a época de amostragem deve prestar-se atenção ao fato de os níveis de nutrientes serem mais baixos no período em que a utilização pela planta é máxima, como a época de floração ou frutificação (Santos, 1996). Varennes (2003) enfatiza que a colheita da amostra tem de ser realizada na época certa, de acordo com as orientações do laboratório de análises, visto que só desta forma poderão ser interpretadas com os valores padrão previamente estabelecidos.

1.5-O-Azoto no sistema solo/planta

A importância do azoto na nutrição mineral das plantas é enfatizado por diversos autores (Santos, 1996; Rodrigues & Coutinho, 2000; Santos, 2001). O azoto é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas. Sendo um dos constituintes básicos da molécula de clorofila, contribui para que a vegetação revele maior exuberância. Devido ao rápido efeito, facilmente visível quando aplicado ao solo, faz com que este nutriente seja muitas vezes aplicado em excesso. Por outro lado, dada a facilidade em se mover dentro do sistema solo-planta-atmosfera, pode originar prejuízos económicos e ter importantes reflexos diretos e indiretos na poluição ambiental. Como não se constituem reservas deste elemento nutriente no solo, o mesmo encontra-se sempre em quantidades limitadas para as plantas, sendo necessário recorrer à aplicação suplementar de fertilizantes.

O azoto no solo pode ser encontrado em formas minerais (inorgânicas) e orgânicas. As formas minerais apresentam-se numa proporção bastante reduzida (2 a 5%) e são elas que estão disponíveis para serem absorvidas pelas plantas. Por outro lado, as formas orgânicas representam 95 a 98% do azoto total no solo, constituindo-se como reserva e o substrato base para a formação de azoto mineral.

1.5.1-Dinâmica de azoto no solo

O ciclo do azoto é complexo como mostra a figura 4, que ilustra a sequência das principais reações que envolvem o azoto, incluindo as que ocorrem nos seres vivos (biosfera), as de síntese e decomposição do material orgânico, as que envolvem conversão entre formas minerais e ainda as que ocorrem entre o sistema solo/planta e a atmosfera.

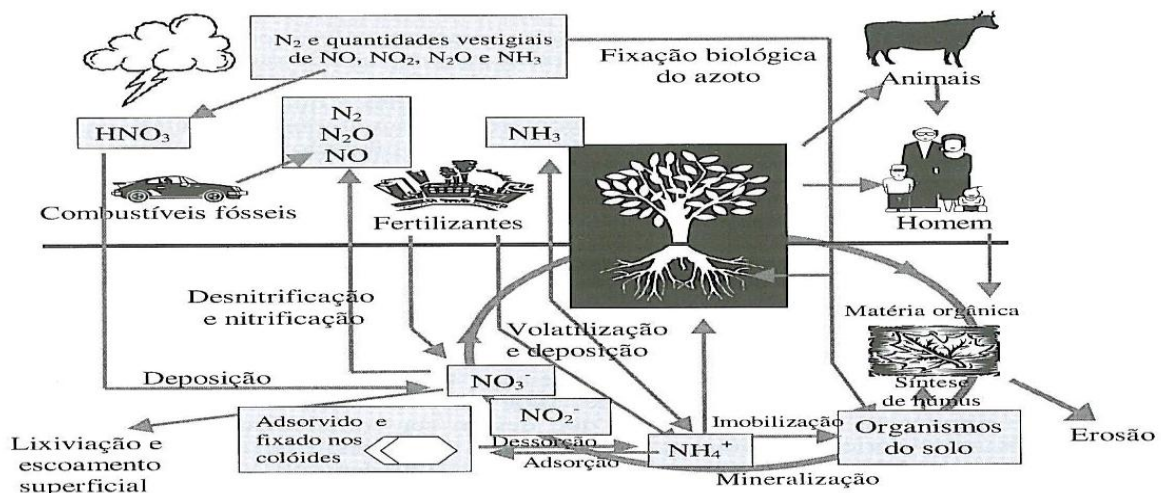


Figura 4-Ciclo do azoto pondo em evidência as entradas e saídas do azoto no solo e suas transformações no sistema solo/planta (Varenes, 2003).

1.5.2-Entradas de azoto no sistema solo/planta

Os principais processos associados a entrada de azoto no sistema solo/planta são: fixação biológica; deposições atmosféricas; a aplicação de fertilizantes.

Alguns microrganismos presentes no solo exercem uma função fulcral ao nível das trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, ao converter o azoto molecular atmosférico em formas assimiláveis pelas plantas, rompendo a tripla ligação covalente que une os dois átomos de azoto da molécula de N₂ (Rosa, 2008). A fixação biológica de azoto permite a abundância da vida na terra, por transferir azoto da atmosfera para a biosfera. Em solos agrícolas a fixação de azoto pela simbiose rizóbio/leguminosa atinge níveis suficientemente elevados que dispensam a aplicação suplementar de fertilizantes azotados (Militão, 2004).

Outra importante forma de entrada de azoto no sistema solo/planta é através das deposições atmosféricas. Este processo consiste na transferência para o solo de compostos azotados, a partir da atmosfera através da água das chuvas (deposições húmidas) ou poeiras (deposições secas). A entrada de azoto através das deposições atmosféricas assume uma grande importância para a manutenção dos ecossistemas naturais, que em certos casos (atmosfera poluídas com compostos azotados, e ocorrências de trovoadas) podem atingir valores apreciáveis. Contudo, para a prática agrícola, as quantidades depositadas anualmente são insignificantes para suprir as exigências nutricionais dos cultivos (Rodrigues, 2000; Santos, 2001; Varennes, 2003).

Com exceção das leguminosas (devido a fixação biológica), os solos raramente contêm azoto mineral em quantidades suficientes para cobrir as necessidades das culturas (Varennes, 2003). Neste contexto, para manter o equilíbrio entre os fluxos de entrada e saída deste elemento mineral é necessário recorrer a aplicação do azoto através dos adubos (Magalhães, 2009).

1.5.3-Saídas de azoto do sistema solo/planta

O azoto é um elemento bastante susceptível a sofrer perdas a partir do solo. No caso do azoto orgânico, por ser pouco solúvel em água, as perdas ocorrem apenas por erosão, ao contrário do azoto mineral, que pode perder-se de formas diversas.

Rodrigues (2000) refere que o azoto pode perder-se do solo de diferentes formas, sugerindo que a resolução deste problema não passa pelo aumento da dose aplicada, mas sim pelo aumento da eficiência de uso do azoto pelas plantas.

A remoção de azoto pelas culturas, quando estas terminam o seu ciclo vegetativo, constitui uma importante saída e conseqüente perda de azoto por parte dos solos (Varenes 2003).

Perdas significativas de azoto podem ocorrer por desnitrificação (Santos, 1996; Rodrigues, 2000; Santos, 2001). A desnitrificação consiste na redução do ião NO_3^- por microrganismos anaeróbios com formação de diferentes compostos azotados, tais como NO , N_2O e N_2 . A desnitrificação ocorre, assim, em condições de anaerobiose (falta de oxigénio), situações que geralmente se verificam quando há alagamento por períodos longos de tempo. Para além do problema agronómico de perda de azoto, forma-se gases azotados que se constituem como poluentes da atmosfera.

Quantidades elevadas de azoto podem perder-se por lixiviação (Varenes, 2003). A quantidade de azoto que se perde por lixiviação depende da quantidade de água lixiviada e da concentração de azoto na água. A lixiviação é normalmente considerada a principal forma de perda de azoto mineral nos solos agrícolas. O risco é maior em solos mais permeáveis (arenosos e com pouca matéria orgânica), localizados em regiões com elevada precipitação e com pouca cobertura vegetal. Nestas situações há maior perda de azoto nítrico em relação ao azoto amoniacal, por o segundo sofrer alguma retenção química no complexo coloidal do solo (Santos, 1996).

O solo que se perde por erosão também representa uma saída de azoto do sistema. As perdas de solo por erosão podem acontecer de duas formas distintas, erosão eólica (através do vento) e erosão hídrica (através das chuvas). A erosão hídrica tem um grande impacto no arrastamento e perda de solo das camadas superficiais, onde se encontram os teores de matéria orgânica mais elevados, perdendo-se, neste caso, o maior reservatório de azoto do solo. Os solos erodidos perdem capacidade de produção gerando-se prejuízos económicos avultados. Por outro lado, os sedimentos arrastados pelas águas das chuvas podem contaminar rios e lagoas, causando eutrofização dos mesmos (Santos, 1996; Magalhães, 2009).

1.5.4-Mineralização e imobilização de azoto

Por mineralização entende-se a conversão de substratos orgânicos em minerais pela ação dos microrganismos heterotróficos do solo.

A conversão dos compostos orgânicos azotados em formas minerais constitui-se como a principal fonte de azoto disponível para as plantas. Este processo decorre em três etapas essenciais: aminização; amonificação; e nitrificação. As duas primeiras são levadas a cabo por microrganismos heterotróficos e a terceira por microrganismos autotróficos (Santos, 1996). Aminização, consiste na conversão de moléculas complexas (R-N) em compostos azotados mais simples, nomeadamente aminas e aminoácidos (R_1-NH_2), mas que não são ainda absorvíveis pelas plantas. Amonificação, consiste na transformação das aminas e aminoácidos obtidos na fase anterior em sais amoniacais (NH_3/NH_4), surgindo a primeira forma realmente absorvível pelas plantas. Nitrificação, consiste na oxidação biológica de NH_4^+ a NO_3^- . Este processo pode ainda subdividir-se em duas etapas. Na primeira o amoníaco é convertido em nitrito (NO_2^-) passando depois a nitrato (NO_3^-). Estas reações são mediadas por microrganismos genericamente designados de nitrificantes (Tisdale & Nelson, 1977; Santos, 1996; Santos, 2001).

Por imobilização biológica entende-se a transformação das formas inorgânicas de azoto em formas orgânicas, tornando-se o azoto menos disponível para as plantas (Silva, 2009). Os organismos do solo (heterotróficos) assimilam as formas inorgânicas de azoto transformando-as em formas azotadas orgânicas, constituintes dos seus tecidos celulares. A indisponibilidade de azoto para as plantas é meramente temporária, uma vez que, quando os microrganismos morrem, dá-se a mineralização que é muito mais rápida do que a do restante azoto orgânico, por se encontrar em compostos azotados mais simples. Os processos de mineralização e imobilização biológica de azoto dependem em grande medida da razão C/N do substrato orgânico adicionado (Tisdall & Nelson, 1977; Santos, 1996). Se a razão C/N é elevada, normalmente maior que 30, haverá imobilização de azoto durante a fase inicial. Se o material orgânico apresentar razão C/N entre 20 e 30, a mineralização líquida (balanço entre mineralização e imobilização biológica) poderá ser nula. Finalmente, se a razão C/N for inferior a 20, como acontece nas siderações, por exemplo, há normalmente libertação de azoto mineral desde o início do processo.

1.6-Nitratos em Vegetais

De entre os macronutrientes principais, o azoto é normalmente considerado o mais importante, na medida em que, na maioria dos casos, se constitui como o principal fator limitante das produções agrícolas (Santos, 1983). O ião nitrato é a principal forma de azoto absorvido pelas plantas (Muramoto, 1999) pelo facto de existir na solução do solo e na grande maioria dos casos, em quantidades superiores a outras formas iónicas azotadas. O ião nitrato que se encontra no solo pode ter origem em fertilizantes minerais aplicados pelo homem ou ser originado por materiais orgânicos em decomposição, num conjunto de etapas designadas de mineralização e nitrificação. Para além do solo, o ião nitrato pode encontrar-se na água e na atmosfera.

Quantidades muito elevadas de nitratos podem ocorrer em vegetais quando as culturas absorvem mais do que o necessário para o seu crescimento imediato (Prasad & Chetty, 2008). Isto acontece porque o ião nitrato pode ser absorvido pelas plantas em quantidades que superam as suas necessidades (consumo de luxo), resultando em concentrações deste elemento acima do nível adequado na planta (Rodrigues, 2006). Segundo Shaid & Iqbal (2006), os principais fatores responsáveis pela acumulação de nitrato nas plantas são de natureza nutricional, ambiental e fisiológica. A concentração de nitratos nos tecidos varia em diferentes partes de uma planta. As concentrações mais altas são geralmente encontradas nos pecíolos, sendo que as raízes, grãos ou frutos e flores apresentam comparativamente menores concentrações. Contudo, em espécies como a beterraba e o rabanete esta ordem pode ser alterada (Maynard & Barker, 1979).

1.6.1-Relação da ingestão de nitratos com a saúde humana

Os vegetais ocupam um lugar muito importante na dieta da humanidade, sendo o seu consumo recomendado por apresentarem baixo teor calórico e alto conteúdo em fibras e vitaminas. Contudo, apesar dos efeitos benéficos da ingestão de vegetais eles constituem um grupo de alimentos que contribui para o aumento da ingestão de nitratos por parte dos seres humanos. Para além dos vegetais, existem mais duas fontes importantes de ingestão de nitratos na dieta da humanidade, designadamente a água e as carnes curadas (Shaid & Iqbal, 2006; Shao-ting *et al.* 2007).

A acumulação de nitratos nas plantas pode ocorrer em situações em que a absorção de iões nitrato é maior que a sua utilização na síntese de aminoácidos e

proteínas. O consumo destes alimentos pode colocar a saúde humana em risco (Blanc *et al.* 1979). Os nitratos são relativamente pouco tóxicos. Contudo, 5 a 10% dos nitratos ingeridos são convertidos na saliva e no trato digestivo em nitritos. Ao contrário dos nitratos, os nitritos são particularmente tóxicos. Os nitritos reagem com a hemoglobina, formando meta-hemoglobina e nitrato, impedindo o normal fornecimento de oxigénio aos tecidos. Esta situação pode originar meta-hemoglobinémia ou síndrome do bebé azul. Os sintomas clínicos da doença começam a aparecer quando a proporção de meta-hemoglobina atinge 10%, causando a morte quando atinge 80% relativamente à hemoglobina (Boink & Speijers, 2001; Santamaria, 2006).

O Comité Científico para Alimentação da União Europeia determinou, como Dose Diária Admissível (DDA) para nitratos, valores de 0-3,7 mg por kg de peso corporal e para nitritos de 0-0,07 mg por kg. Como já foi referido, vegetais, água e carne curada constituem as principais fontes de ingestão de nitratos pela humanidade (Rodrigues, 2006; Santamaria, 2006). Segundo a EFSA (2008), em alguns países da Europa, como França e Reino Unido, o maior contributo é dos vegetais e frutos, representando 50-75% da ingestão de nitratos.

Segundo Cantliffe (1973), de entre os fatores responsáveis pela acumulação de nitratos nas plantas, a fertilização azotada e a intensidade de radiação são apontadas como os principais. Blanc *et al.* (1979), em um estudo realizado sobre acumulação de nitratos em cenoura, constataram que com a diminuição da intensidade da radiação houve um aumento significativo no teor de nitratos. Assim, os teores de nitratos foram mais elevados em plantas mantidas à sombra. Resultados semelhantes foram também obtidos num estudo realizado por Muramoto (1999). Neste estudo verificou-se que a concentração de nitratos em alface “Iceberg” cultivada no Inverno foi significativamente mais elevada que em alface cultivada no verão. Atualmente está devidamente estabelecido que a intensidade da radiação se constitui como um fator fundamental para a concentração de nitratos em vegetais (EFSA 2008).

A possibilidade de serem ingeridas quantidades elevadas de nitratos a partir dos vegetais levou a comissão europeia a estabelecer níveis máximos de nitratos admissíveis em alguns vegetais comercializados na União Europeia (Quadro 1).

Quadro 1-Níveis máximos para nitrato em alface e espinafre de acordo com o Regulamento da Comissão Europeia (C/E 1881/2006).

Géneros alimentícios	Teores máximos (mg nitrato/kg)	
Espinafres frescos (<i>Spinacia oleracea</i>)	Colhidos de 1 de Outubro a 31 de Março	3 000
	Colhidos de 1 de Abril a 30 de Setembro	2 500
Espinafres conservados, ultracongelados ou congelados		2 000
	Colhida de 1 de Outubro a 31 de Março:	
Alface fresca (<i>Lactuca sativa</i> L.)	Alface cultivada em estufa	4 500
	Alface cultivada ao ar livre	4 000
	Colhida de 1 de Abril a 30 de Setembro:	
	Alface cultivada em estufa	3 500
Alface do tipo «Iceberg»	Alface cultivada ao ar livre	2 500
	Alface cultivada ao ar livre	2 000

O regulamento que impõe os limites máximos admissíveis (EC 1881/2006) tem em conta o facto das condições climáticas terem grande influência nos níveis de nitratos nos vegetais tendo, por isso, sido definido níveis críticos dependentes das condições de cultivo e da época do ano.

1.6.2-Relação com práticas de gestão da fertilização

O azoto é um elemento de difícil gestão devido a duas razões principais: (i) não se acumula nos solos na forma mineral; e (ii) é difícil prever os processos que conduzem à mineralização do azoto orgânico e que o tornam disponível para as plantas (Rodrigues & Arrobas, 2011). Rodrigues & Coutinho (2000) destacam que a mobilidade deste elemento no sistema solo/planta é considerada a principal causa da baixa eficiência de utilização do azoto por parte das plantas. Como consequência, parte do azoto aplicado ao solo perde-se, podendo contaminar os cursos de água e as albufeiras e também a atmosfera.

O excesso de azoto nos solos pode resultar de quantidades elevadas de fertilizantes ou de condições locais em que o ritmo com que a atividade microbiana liberta azoto mineral é superior à taxa de absorção do nutriente por parte das plantas.

Nestas condições pode acumular-se azoto mineral, geralmente na forma de nitratos (Thompson & Troeh, 1980). Esta problemática tem-se perpetuado ao longo do tempo porque os laboratórios têm tido dificuldade em desenvolver métodos que forneçam informação sobre a disponibilidade potencial de azoto no solo, de forma a que nas recomendações de fertilização se possa ajustar corretamente a dose de azoto a aplicar com as necessidades das plantas (Rodrigues, 2006). O manual de boas práticas agrícolas sugere que, de forma a maximizar a eficiência de uso dos fertilizantes, o agricultor deve tentar aplicar os nutrientes na quantidade certa e no momento exato para maximizar a absorção radicular (FAO, 2002).

Uma das formas de melhorar a eficiência da utilização do azoto é através do fracionamento, que consiste na sua aplicação faseada, isto é, uma pequena parte é aplicada de fundo antes da sementeira e a maior parte em cobertura quando as plantas estão em crescimento ativo (Rodrigues & Coutinho, 2000). Em condições mediterrânicas, a maior parte do azoto deve ser aplicado após o inverno, visto que nesta altura a precipitação reduz-se e a temperatura aumenta, condições que favorecem a redução da perda do azoto por lixiviação e desnitrificação, e aumenta a oportunidade de absorção radicular (Roberts *et al.* 1982; Rodrigues & Arrobas, 2011).

Outra forma de melhorar a eficiência de uso do azoto é utilizando fertilizantes que libertam os nutrientes de forma gradual. Os fertilizantes de libertação lenta ou controlada podem conter apenas azoto, ou outros nutrientes como fósforo e potássio. Os fertilizantes de libertação controlada são frequentemente revestidos com enxofre ou com materiais semi-permeáveis (polímero diversos). Estes revestimentos condicionam a disponibilidade dos nutrientes para planta, sendo libertados supostamente ao ritmo de crescimento das plantas, minimizando, desta forma, os riscos de contaminação ambiental. Outra importante vantagem do uso destes fertilizantes pode advir do facto de dispensarem o fracionamento, minimizando, desta forma, os encargos com mão-de-obra, (Shaviv, 2000; FAO, 2002; Magalhães *et al.* 2009).

1.7-Metals pesados

Define-se como metais pesados aqueles elementos químicos que apresentam densidade igual ou superior a 5 g cm^{-3} em sua forma elementar ou cujo número atómico é superior a 20 (Marques *et al.* 2002). Eles podem ser encontrados nas rochas, solos,

plantas, animais, ar e água. Alguns elementos tais como cobre (Cu), zinco (Zn) e cobalto (Co) desempenham importante papel na nutrição das plantas e animais, enquanto outros, como cádmio (Cd), chumbo (Pb), arsénio (As) e selénio (Se) exercem efeitos deletérios sobre vários componentes da biosfera. Contudo todos os metais pesados podem ser fitotóxicos e tóxicos, acima de certos limites (Martins, 2004; Navarro-Aviñó *et al.* 2007). Os metais pesados estão sujeitos a tornar-se uma importante fonte de poluição dos solos, o que pode afetar a quantidade e a qualidade sanitária das produções agrícolas, assim como a atividade microbiana dos solos (Santos, 1995).

1.7.1-Acumulação de metais pesados nos solos

As concentrações anómalas de metais pesados nos solos podem ser resultado de dois fatores fundamentais: causas naturais e causas antropogénicas. As causas naturais podem ser, entre outras, libertação a partir da rocha mãe e processos de pedogénese, atividades vulcânicas, terremotos, erosão de rochas etc. As causas antropogénicas podem ser extração de minérios, queima de combustíveis fósseis, emissões industriais e de veículos automóveis, uso de pesticidas e fertilizantes (Varenes 2003; Navarro-Aviñó *et al.* 2007; Silva *et al.* 2007). Os metais pesados acumulam-se geralmente na camada superficial do solo (0 – 20 cm), também denominada camada arável, tornando-se acessíveis para as raízes das plantas. Devido à sua baixa mobilidade, os metais pesados podem persistir no solo, ou serem absorvidos pelas plantas e incorporados na cadeia trófica (Abdel-Haleem *et al.* 2001). Wei & Yang (2010) referem que a agricultura praticada em zonas urbanas pode conter quantidades significativas de metais pesados, como consequência da sua localização. A emissão de poluentes do tráfego rodoviário e emissões industriais constituem as principais fontes de entrada de metais pesados nestes solos. O crescimento de plantas nestas condições e seu posterior consumo aumenta os riscos de contaminação da população humana com metais pesados.

1.7.2-Metals pesados em vegetais

Os metais pesados chegam aos seres humanos principalmente por meio da alimentação, visto que estes podem acumular-se na parte comestível das culturas. A

perigosidade da ingestão de metais pesados ocorre por serem altamente tóxicos e não serem biodegradáveis, ou seja, após a sua ingestão os organismos não são capazes de os eliminar, gerando riscos para a saúde pública quando atingem concentrações excessivas (Varenes, 2003; Virga *et al.* 2007). Apesar das plantas poderem adaptar-se a solos com concentrações elevadas de metais pesados, a acumulação destes elementos nos tecidos das plantas deve ser considerado um problema que necessita de atenção (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Todas as plantas podem absorver metais pesados do solo, embora em diferentes percentagens, dependendo da espécie vegetal e das características e conteúdo de metais pesados do solo. Baker (1981) distingue três tipos de plantas de acordo com a absorção de metais: (i) as que têm a capacidade de evitar a translocação dos metais pesados das raízes para a parte aérea (exclusoras); as que absorvem os metais ativamente a partir do solo e os acumulam em formas não tóxicas na sua biomassa aérea (acumuladoras); e (iii) as plantas cuja concentração de metal nos seus tecidos reflete a concentração dos elementos no solo (indicadoras). Segundo Iretskaya & Chien (1999) geralmente os níveis mais altos de metais pesados encontram-se nas folhas. Simeoni *et al.* (1984) referem que as plantas folhosas de crescimento rápido como alface tendem a apresentar maiores teores de metais pesados em comparação com gramíneas, leguminosas e plantas de raiz tuberosa.

Os resultados da exposição humana a quantidades elevadas de alguns metais são bem conhecidos. A título de exemplo refira-se um dos casos mais conhecidos de intoxicação. Ocorreu no Japão durante a II Guerra Mundial. Os canteiros de arroz foram contaminados com cádmio que de seguida passou aos seres humanos. A doença ficou conhecida como “itai-itai” (Martins, 2004; Navarro-Aviñó *et al.* 2007). Um outro caso que merece realce ocorreu em 1950 na baía de Minamata no Japão. Devido ao consumo de peixe contaminado com mercúrio, as mulheres grávidas deram a luz crianças com anomalias cerebrais (Varenes, 2003; Martins, 2004).

Os metais pesados, como já foi referido acima, são componentes naturais da crosta terrestre, podendo ser encontrados em formas minerais, sais ou outros compostos. O grande problema advém do facto de não poderem ser degradados ou destruídos naturalmente ou biologicamente, visto que muitos deles não apresentam funções biológicas específicas nos seres vivos (Abolino *et al.* 2002).

Parte II-Materiais e Métodos

2-O projeto de hortas urbanas do IPB

O Instituto Politécnico de Bragança (IPB), instituição que acolhe o projeto de hortas urbanas objeto de estudo nesta dissertação, tem o seu edifício central e quatro das suas cinco escolas na cidade de Bragança, localizada na região de Trás-os-Montes e Alto Douro (figuras 5 e 6).

O projeto de hortas urbanas (comunitárias) do IPB está situado num terreno anexo ao edifício da Pousadinha, junto à Escola Superior Agrária (ESA), no campus de St^a Apolónia.



Figura 5- Localização do concelho de Bragança relativamente às restantes sedes de concelho que formam o distrito de Bragança.



Figura 6- Imagem parcial de satélite da cidade de Bragança, mostrando a localização do IPB e do local onde se encontram as Hortas Urbanas.

Este projeto foi criado em 2011 pela Associação Cultural e Recreativa do Pessoal do Instituto Politécnico de Bragança (ACRPIPB), com objetivo de estimular e promover práticas agrícolas sustentáveis, bem como tornar-se um espaço de convívio e lazer que promovesse o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das pessoas envolvidas no projeto. Para que tal fosse possível inicialmente, foram disponibilizadas pela ACRPIPB cerca de 30 hortas com tamanho de 50 m². As mesmas foram distribuídas a docentes, funcionários e alunos da instituição interessados. Na segunda fase com a inclusão no projeto de horticultores sem ligação obrigatória à comunidade académica do IPB o número de hortas disponibilizadas aumentou para 84 de modo a atender a grande demanda. As principais espécies cultivadas nas hortas são: alface, repolho, couve-galega, cebola, pimento, cenoura, feijão, morango, espinafres e tomate. Pelo fato de ser um projeto de agricultura em que não é permitido o uso de produtos de síntese industrial, os hortelões são incentivados a fazer uso de estrume fornecidos de forma gratuita pelo IPB, concomitantemente algumas práticas culturais ganham relevo, nomeadamente fertilização orgânica, compostagem, *mulching*, *intercropping* e forçagem, de modo a garantir o bom desenvolvimento das culturas.

2.1-Clima da região

Na região de Bragança, o clima é do tipo mediterrânico com alguma influência atlântica (Agroconsultores e Coba, 1991), o que origina um clima com mais precipitação anual (758,3 mm) e menor duração da estação seca relativamente a um clima mediterrânico típico. Contudo, existem duas estações com características bem distintas: o inverno, período em que há maior concentração da precipitação, as temperaturas são baixas (a temperatura média entre dezembro e março é de 6,7 °C), a luminosidade reduzida e os dias curtos (cerca de 9 horas de sol acima do horizonte); e o verão caracterizado por precipitação reduzida, temperatura elevada (temperatura média de 19,6 °C entre junho e setembro) e dias longos (mais de 15 horas de sol acima do horizonte). Os dados da variação da temperatura média do ar e da precipitação de Bragança correspondentes à normal climatológica do período de 1971-2000 são apresentados na figura 7.

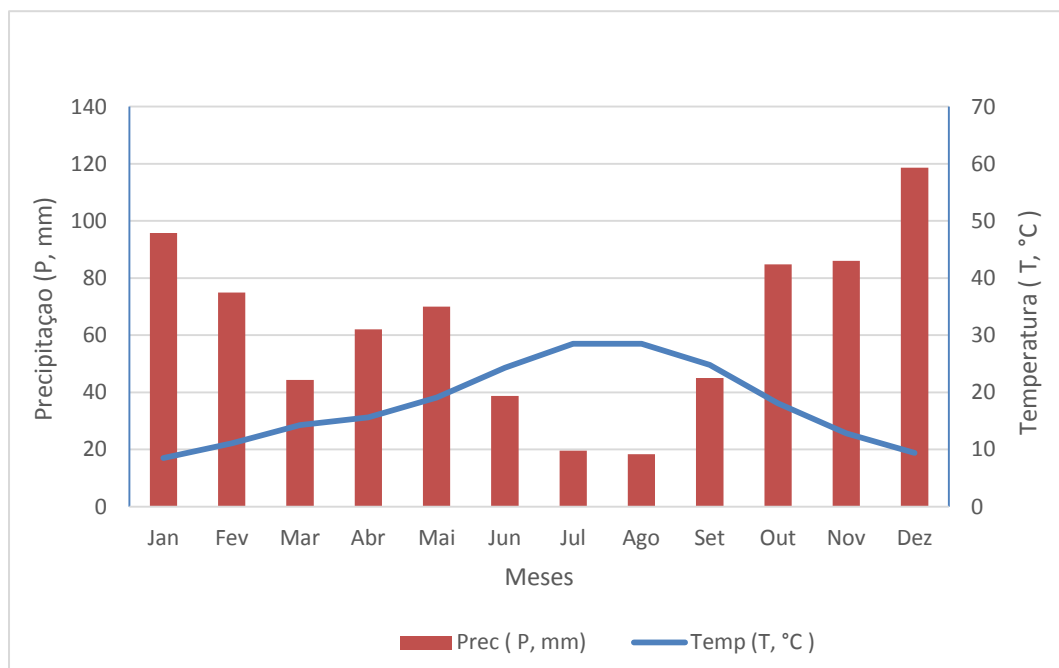


Figura 7-Valores relativos a média da temperatura máxima e média da precipitação total, registadas durante o período de 1971-2000.

2.2-Solos

Os solos do perímetro urbano de Bragança têm origem maioritariamente em rochas ricas em minerais ferromagnesianos (rochas máficas e ultramáficas), em geral peridotitos com diferentes graus de serpentinização. As classes de solos mais representativas desta área são Leptosolos, Regossolos e Cambissolos (Afonso & Arrobas, 2009). A área onde se encontra localizado o projeto de hortas comunitárias corresponde a cambissolos de características hidromórficas, com substrato de rochas ultrabásicas.

2.2.1-Análise Granulométrica dos solos das hortas do IPB

Sendo a textura uma característica pouco variável ao longo do tempo, as proporções percentuais de areia, limo e argila foram determinadas a partir da recolha de amostras de solo em seis (6) locais aleatórios nas hortas do IPB, e a análise granulométrica destas amostras indicaram tratar-se de um solo de textura franca, com maiores concentrações de areia, seguido do limo e por fim argila.

Quadro 2-Classificação da textura do solo (análise granulométrica)

	Amostra	Argila (%)	Limo (%)	Areia (%)	Textura
Hortas de cima	1	17,70	25,00	57,30	Franca
	2	17,90	24,10	58,00	Franca
	3	17,80	22,00	60,20	Franca
Hortas de baixo	4	14,50	25,00	60,50	Franca
	5	13,90	26,50	59,60	Franca
	6	14,40	25,70	59,90	Franca

2.3-Colheita de material vegetal

As hortas que foram objeto de estudo neste trabalho estão distribuídas de forma concêntrica, procurando que houvesse pelo menos um ponto de passagem comum para facilitar o convívio entre os hortelãos. Na figura 8 encontra-se o mapa da distribuição das hortas, onde estão assinaladas aquelas em que se procedeu à colheita de solos e/ou tecidos de material vegetal para análise. Adicionalmente foram também colhidas amostras em duas hortas situadas num campo anexo que foram identificadas como hortas de cima, com os números 100 e 101.

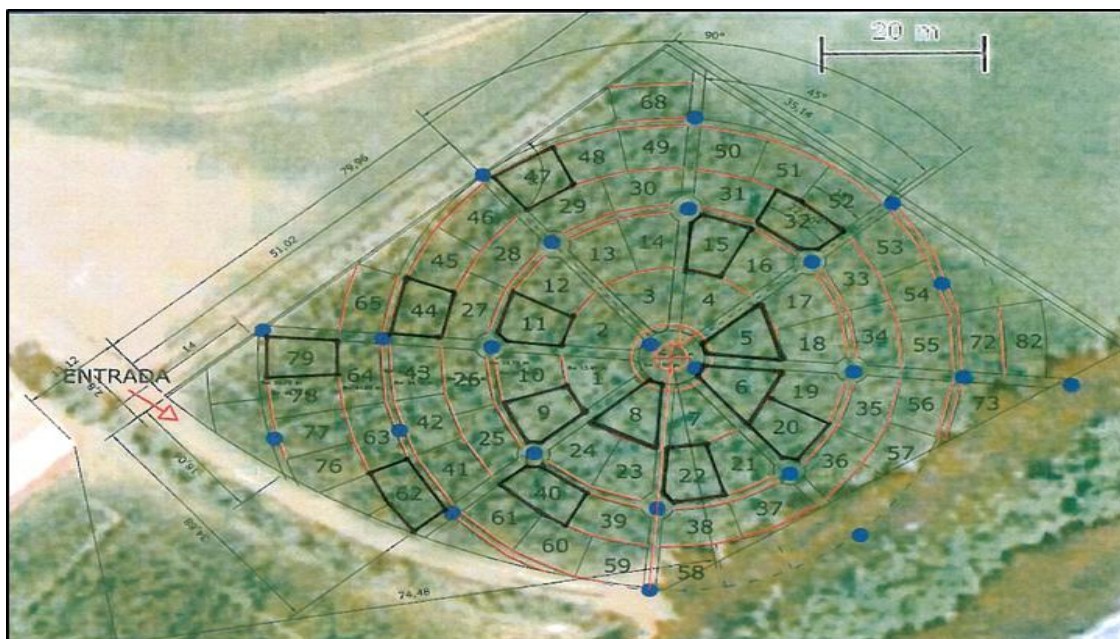


Figura 8- Mapa das hortas urbanas do IPB. Os números realçados correspondem às hortas selecionadas para colheita de solos e/ou material vegetal para análise.

De seguida descreve-se que tipo de amostras (solos e/ou vegetal) se colheu em cada uma das hortas selecionadas.

Horta 5-Foi feita a colheita de cenoura (folhas), alface (folhas) e amostras de solos.

Horta 6-Morango (frutos e folhas), couve-galega (folhas), espinafres (folhas), alface (folhas), e amostras de solos.

Horta 8-Pimento (fruto e folhas), feijão-verde (vagem e folhas), cebola (cabeça e folhas), cenoura (raiz e folhas), tomate (fruto e folhas), alface (folhas), couve-galega (folhas) e amostras de solos.

Horta 9-Pimento (fruto e folhas), cebola (cabeça e folhas) feijão-verde (vagem e folhas), couve-galega (folhas), tomate (folhas e frutos), nabiça (folhas) e amostras de solos.

Horta 11-Cebola (cabeça e folhas), feijão-verde (vagem e folhas), tomate (fruto e folhas), alface (folhas), couve-galega (folhas), nabiça (folhas), couve penca (folhas) e amostras de solos.

Horta 15-Morango (frutos e folhas), espinafres (folhas) e amostras de solos.

Horta 19-Cenoura (raiz e folhas), morango (frutos e folhas), couve-galega (folhas), couve penca (folhas) e amostras de solos.

Horta 20-Espinafre (folhas) e amostras de solos.

Horta 22-Feijão-verde (vagem e folhas), cenoura (raiz e folhas), pimento (fruto e folhas), alface (folhas) e amostras de solos.

Horta 32-Espinafre (folhas), nabiça (folhas), couve penca (folhas) e amostras de solos.

Horta 40-Feijão-verde (vagem e folhas), cebola (cabeça e folhas), pimento (fruto e folhas), tomate (fruto e folhas) e amostras de solos.

Horta 44-Espinafre (folhas), couve penca (folhas) e amostras de solos.

Horta 47: Morango (folhas) e amostras de solos.

Horta 62-Pimento (frutos e folhas), cebola (cabeça e folhas), feijão-verde (vagem e folhas), cenoura (raiz e folhas), tomate (frutos e folhas), couve-galega (folhas), alface (folhas), couve penca (folhas), nabiça (folhas) e amostras de solos.

Horta 79-Morango (frutos e folhas), pimento (frutos e folhas), cebola (cabeça e folhas), tomate (frutos e folhas), cenoura (raiz e folhas), couve-galega (folhas), nabiça (folhas), couve penca (folhas) e amostras de solos.

Horta 100- Morango (frutos e folhas), cenoura (raiz e folhas), nabiça (folhas), e amostras de solos.

Horta 101- Morango (frutos), espinafre (folhas) e amostras de solos.

2.4-Análise de terras

Após seleção das hortas para amostragem, procedeu-se a colheita de amostras de solos em duas profundidades distintas, 0-20 e 20-40 cm com auxílio de uma sonda. Foram feitas um total de três colheitas de amostras de solos, durante o período de transição do outono para o inverno, (1ª colheita 25/09/2013; 2ª colheita 11/11/2013; 3ª colheita 24/03/2014).

As amostras de solos recolhidas foram homogeneizadas em sacos plásticos devidamente identificados, e foram congeladas até ao momento de análise para cessar toda a atividade microbiana. As determinações efetuadas nas amostras de solos foram: o teor de humidade, teor em nitratos e amónia, pH, matéria orgânica, fósforo e potássio assimiláveis, capacidade de troca catiónica e micronutrientes pelas metodologias descritas nos pontos seguintes.

2.4.1-Determinação do teor de humidade dos solos

Para determinação do teor de humidade, as amostras foram pesadas antes e depois de serem colocadas numa estufa de ventilação forçada a 105° C, durante 48 h, até atingirem peso constante. Depois de secas, as amostras foram crivadas com auxílio de um crivo de malha de 2 mm e as determinações analíticas foram efetuadas na fração fina (< 2mm).

2.4.2-Determinação da textura

Após agitação de uma porção de solo (fração inferior a 2 mm) com um agente dispersante, a areia é separada do limo e argila com um crivo de 50 µm de malha.

O limo e argila foram determinados pelo método da pipeta. A suspensão é colocada numa proveta de 1000 mL. As partículas sedimentam ao longo do tempo de acordo com o seu tamanho e posicionam-se em diferentes profundidades da proveta. A pipeta serve para recolher uma amostra de solo e argila nos primeiros centímetros a contar da superfície e depois para recolher limo + argila. As suspensões são depois secas a 105 °C e avaliada a proporção de cada fração na amostra de solo (van Reeuwijk, 2002).

2.4.3-Determinação da concentração de nitratos e amónia

A concentração dos iões nitrato (NO_3^-) e amónia (NH_4^+) foi determinada nas amostras de solo frescas. Os resultados foram ajustados à massa seca de solo. A uma quantidade de solo (10 gramas) foi adicionada uma quantidade de KCl 2 M (40 mL). A suspensão foi agitada durante 1 hora e posteriormente filtrada com papel de filtro Watman 42 (Rodrigues 2000). A concentração de iões H-NH_4^+ foi efetuada pelo método do fenato que tem como princípio a formação de um composto de cor azul, indofenol, pela reação da amónia, hipoclorito e fenol, catalisado pelo nitroprussido de sódio (Clescerl *et al.* 1998). As leituras foram efetuadas por espectrofotometria de absorção molecular a 640 nm.

A determinação dos nitratos foi efetuada por espectrofotometria na gama ultra violeta. Este método é adequado para amostras filtradas, com baixo teor de matéria orgânica. A medição da absorção UV a 220 nm facilita a determinação rápida de NO_3^- , porque a matéria orgânica dissolvida também absorve a 220 nm e o ião nitrato não absorve a 275 nm, fez-se uma segunda medição a 275 nm para corrigir o valor de NO_3^- (Clescerl *et al.* 1998). O equipamento utilizado foi um espectrofotómetro *UV/VIS T80 PG Instrument Lda*.

2.4.4-Determinação do valor do pH

Os valores do pH foram determinados numa suspensão de solo: solução de água e KCl 1 M, de 1:2,5, após duas horas de contacto com agitação ocasional (van Reeuwijk, 2002). O equipamento usado foi um potenciómetro *Inolab Level 1 WTW*.

2.4.5-Determinação da matéria orgânica

Foi seguido o procedimento de Walkley-Black para determinação do carbono (C) facilmente oxidável. Este método consiste numa digestão húmida da matéria orgânica

do solo com uma mistura de dicromato de potássio e ácido sulfúrico durante 30 minutos. O dicromato residual é titulado com sulfato de ferro e o teor de matéria é estimado multiplicando a percentagem de carbono pelo fator 1,72, associado à suposição de que a matéria orgânica do solo contém cerca de 58% de C (van Reeuwijk, 2002). A digestão decorreu em erlenmeyers colocados numa placa de esferovite para manter o calor da reação e na titulação foi usada uma bureta digital.

2.4.6-Determinação de fósforo e potássio assimiláveis

Estes elementos foram extraídos de acordo com o método de Egner-Riehm que consiste na adição de uma solução de lactato de amónio e ácido acético tamponizada a pH 3,5 aplicada a uma porção de solo na proporção solo: solução de 1:20, durante duas horas (MAP, 1977). Após filtração, o fósforo é determinado por espectrofotometria UV/VIS no comprimento de onda 882 nm, após desenvolvimento de cor pelo método do ácido ascórbico. O equipamento utilizado foi um espectrofotómetro *UV/VIS T80 PG Instrument Lda*. Este método consiste na formação de um complexo azul de molibdénio (van Reeuwijk, 2002). O potássio é quantificado por fotometria de chama (MAP, 1977) num equipamento *Jenway*.

2.4.7-Determinação capacidade de troca catiónica

A capacidade de troca catiónica consiste no somatório dos catiões designados de bases de troca (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) e acidez de troca (Al^{3+} e H^+).

Para a determinação das bases de troca, uma amostra de solo (2,5 gramas) é percolada com uma solução de acetato de amónio tamponizada a pH 7 (50 ml) e os catiões Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ , determinados no extrato filtrado, por espectrofotometria de absorção atómica (Jones, Jr, 2001) num equipamento *PYE Unicam PU 9100X*.

Para a determinação da acidez de troca uma amostra de solo (10 gramas de solo) é colocada em contacto com uma solução de KCl 1M (100 mL) e agitada durante 30 minutos. Depois de filtrada a suspensão faz-se uma titulação com NaOH 0,1 M usando a fenoftaleína como indicador (Sims, 1996).

2.4.8-Determinação de micronutrientes no solo

A extração dos micronutrientes do solo foi efetuada de acordo com a metodologia de Lakanen e Erviö (1971). Uma amostra de solo é agitada com uma solução constituída

por acetato de amónio, ácido acético e EDTA, tamponizada a pH 4,65 numa relação solo: solução de 1:5. Após meia hora de contacto com agitação a suspensão é filtrada e os micronutrientes cobre, ferro, zinco e manganês são determinados por espectrofotometria de absorção atómica. O boro é determinado numa extração própria com água fervente. Numa alíquota de extrato é adicionada uma solução de desenvolvimento de cor à base de azometina-H e ácido ascórbico. A cor desenvolvida em função da concentração em boro é depois determinada num espectrofotómetro UV/VIS a 430 nm (Jones, Jr., 2001).

2.5-Análise de plantas

2.5.1-Diagnóstico do estado nutricional das plantas

Após o processo de seleção das hortas acima descritas procedeu-se a colheita de tecidos vegetais das principais espécies hortícolas de verão e de outono-inverno tais como alface, repolho, couve-galega, cebola, pimento, cenoura, feijão, morango, espinafres e tomate, cultivadas nas hortas comunitárias do IPB. Ao longo da estação de crescimento de 2013 as amostras de tecidos vegetais foram colhidas de acordo com as normas estabelecidas para cada vegetal, considerando a data de amostragem, tecido adequado a ser analisado e estado de desenvolvimento da planta (Mills & Jones, 1996), com vista a determinação através de métodos laboratoriais dos principais elementos nutrientes. Foram efetuadas colheitas de tecidos vegetais na 2ª semana de julho; nas 1ª, 3ª e 4ª semanas de agosto; nas 2ª e 3ª semanas de setembro e na 3ª semana de outubro de 2013.

No campo, as amostras vegetais colhidas foram colocadas em sacos plásticos identificados e levadas para o laboratório.

Já no laboratório as amostras foram pesadas antes e após secagem numa estufa ventilada a 65°C até peso constante. Posteriormente foram moídas num moinho *Cyclotec* da marca *Foss* com um crivo de 1 mm de malha. Na matéria seca moída procedeu-se à sua análise elementar (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn, B, Cr, Ni, Cd e Pb). Também foi determinada a concentração em nitratos em alguns dos tecidos.

2.5.1.1-Determinação da concentração de azoto nos tecidos vegetais

Para a determinação da concentração em azoto foi pesada uma quantidade de matéria seca (1 grama) num frasco de digestão para equipamentos kjeldhal. A digestão é feita em meio sulfúrico em presença de um catalisador. Findo o período de digestão, o tubo foi colocado num equipamento automático *Kjeltec TM 8400 Analyser unit FOSS* e foi adicionada uma quantidade de hidróxido de sódio acompanhado de vapor de água. A amónia formada é arrastada na corrente de vapor e titulada com ácido clorídrico num vaso com uma solução recetora de ácido bórico e indicadores (verde de bromocresol e vermelho de metilo) (Bremner, 1996).

2.5.1.2-Determinação da concentração de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre, zinco, crómio, níquel, cádmio e chumbo

Uma outra porção de matéria seca, 0,25 g, foi digerida num digestor por micro-ondas *MARS, CEM corporation* na presença de ácido nítrico e na solução obtida foi feita a determinação dos iões, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco, manganês, crómio, níquel, cádmio e chumbo.

O fósforo foi determinado por espectrofotometria UV/VIS no comprimento de onda 882 nm, após desenvolvimento de cor pelo método do ácido ascórbico. O potássio foi determinado por espectrofotometria de emissão de chama. Os restantes elementos foram determinados por espectrofotometria de absorção atómica. Os equipamentos usados foram referidos no ponto 2.4 referente às análises de amostras de solos.

Por maior comodidade, os elementos crómio, níquel, cádmio e chumbo foram determinados no equipamento de absorção atómica do laboratório de Química na Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Para cada elemento determinado neste tipo de equipamento foi usado um comprimento de onda típico para cada um.

2.5.1.3-Determinação da concentração de boro

O boro foi determinado após incineração da amostra com óxido de cálcio numa mufla a 500 °C. Após a diluição das cinzas com ácido sulfúrico diluído, o desenvolvimento de cor foi feito pelo método da azometina (Jones, Jr, 2001).

2.5.1.4-Concentração de nitratos nos tecidos

Para determinação da concentração de nitratos nos tecidos dos vegetais, foram colhidas amostras de algumas espécies vegetais conhecidas por terem elevada tendência para acumular nitratos nos seus tecidos: nabiça (pecíolos e limbos); cenoura (raiz e limbos); espinafre da Nova Zelândia (folhas e pecíolos); couve penca (folhas e pecíolos); couve-galega (folhas e pecíolos). Estas amostras foram secas e moídas da forma descrita no ponto 2.5.1. Foi pesada uma grama de matéria seca, colocada em contacto com água destilada e agitada pelo período de uma hora. Posteriormente foi filtrada com papel de filtro watman 42 e no extrato foi determinada a concentração de nitratos de acordo com a metodologia descrita em 2.4.3.

Parte III-Resultados e discussão

3.1-Determinações laboratoriais nas amostras de solos das hortas

No quadro 3 são apresentados resultados da determinação da matéria orgânica, pH, fósforo, potássio e alguns micronutrientes metálicos em amostras de solo das hortas do IPB colhidas em duas profundidades distintas (0-20 e 20-40 cm).

O teor de matéria orgânica variou de 22,5 a 39,4 g kg⁻¹ e de 19,4 a 27,3 g kg⁻¹, respectivamente nas profundidades 0-20 e 20-40 cm. O teor de matéria orgânica foi globalmente mais elevado na camada superficial, situação que pode ser explicada pelo fato de os hortelões utilizarem maioritariamente estrumes e restos de culturas na fertilização. Estes detritos vegetais são posteriormente incorporados no solo mas nunca a uma elevada profundidade tendendo a acumular-se na camada superficial. Por outro lado, as plantas desenvolvem a maior parte do sistema radicular mais próximo da superfície entrando menos carbono na camada 20-40 cm. De uma maneira geral, vasta literatura tem mostrado que o teor de matéria orgânica no solo decresce com a profundidade devido à redução da deposição de substratos orgânicos (Castro *et al.* 2008, Aranda *et al.* 2011).

O pH determinado em água apresentou valores muito próximos entre as duas camadas, variando entre 6,5 a 7,2 na profundidade 0-20 cm e entre 6,6 a 6,9 na profundidade 20-40 cm (Quadro 3). Com relação ao pH em KCl, a situação foi semelhante, tendo os valores variado entre 6,1 a 6,8 e 5,9 a 6,8 nas camadas referidas. A gama de variação de pH entre hortas também foi reduzida, refletindo um passado cultural semelhante em todas as parcelas em que agora se encontram as hortas. A atividade recente de cada horticultor não foi ainda suficiente para se manifestar na variação de pH do solo.

Os teores de fósforo no solo revelaram-se elevados, quer na camada 0-20 cm quer na camada 20-40 cm (Quadro 3). Na camada 0-20 cm o intervalo de variação foi de 246,0 a 585,0 mg kg⁻¹, enquanto na camada 20-40 cm os valores oscilaram entre 202,3 e 494,0 g kg⁻¹. Estes valores são considerados de muito altos nos sistemas de classificação da fertilidade do solo (Santos, 1996; LQARS, 2006). Estas folhas foram, no passado, cultivadas com milho-forragem e terão recebido quantidades generosas de adubos fosfatados mas também de corretivos orgânicos. Os hortelões devem ter estes aspetos

em conta na medida em que as hortas têm o processo da fertilização fosfatada resolvida por alguns anos sem ser necessário aplicar fertilizantes.

Quadro 3-Matéria orgânica (MO), pH, fósforo e potássio extraídos pelo método Egner-Riehm em amostras de terra colhidas nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm em hortas do IPB, selecionadas de entre aquelas em que se tinham colhidos tecidos vegetais.

Horta	Prof. (cm)	MO g kg ⁻¹	N total g kg ⁻¹	Razão C/N	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	P ₂ O ₅ K ₂ O	
							-----mg kg ⁻¹ -----	
5	0-20	22,5	1,5	8,7	6,7	6,1	260,0	73,0
	20-40	23,9	1,4	9,6	6,6	6,1	233,6	67,0
6	0-20	26,2	1,5	10,1	6,7	6,2	280,0	83,0
	20-40	23,1	1,4	9,8	6,6	5,9	205,1	66,0
8	0-20	28,3	1,5	10,6	6,8	6,3	258,1	94,0
	20-40	20,6	1,4	8,4	6,6	6,0	202,3	75,0
9	0-20	25,5	1,6	9,5	6,8	6,4	304,0	104,0
	20-40	24,7	1,4	10,0	6,8	6,3	270,0	95,0
11	0-20	30,6	1,8	9,9	6,7	6,4	402,1	134,0
	20-40	22,9	1,7	7,9	6,6	6,1	340,0	96,0
15	0-20	31,5	1,8	10,4	6,6	6,3	362,3	78,0
	20-40	23,2	1,5	8,7	6,6	6,0	275,2	67,0
19	0-20	25,8	1,5	9,7	6,8	6,4	246,0	77,0
	20-40	23,4	1,3	10,6	6,7	6,1	205,1	63,0
20	0-20	23,0	1,3	10,5	6,5	6,1	231,0	74,0
	20-40	19,4	1,2	9,5	6,6	6,0	233,0	71,0
22	0-20	27,9	1,6	10,0	6,8	6,5	264,0	108,0
	20-40	23,0	1,4	9,4	6,7	6,2	238,0	95,0
32	0-20	30,0	1,5	11,4	6,9	6,6	253,5	74,0
	20-40	20,6	1,2	9,9	6,8	6,3	243,0	70,0
40	0-20	31,4	1,9	9,6	6,8	6,5	258,1	103,0
	20-40	24,9	1,3	11,1	6,7	6,2	203,0	67,0
62	0-20	30,6	1,9	9,4	6,8	6,6	337,0	129,0
	20-40	25,0	1,6	9,2	6,7	6,4	286,0	103,0
79	0-20	39,4	2,3	10,0	7,1	6,5	523,3	167,0
	20-40	24,6	1,7	8,2	6,6	6,3	430,0	142,0
100	0-20	31,5	1,9	9,6	7,2	6,8	585,0	213,0
	20-40	27,3	1,5	10,6	6,9	6,8	494,0	213,0
101	0-20	28,8	2,1	7,9	6,8	6,5	580,1	164,0
	20-40	22,2	1,6	8,3	6,8	6,2	408,0	123,0

Os valores de potássio no solo, extraído pelo método Égner-Riehm, variaram entre médios a altos, quer na camada 0-20 cm (73 a 213 mg kg⁻¹) quer na camada 20-40 cm (63 a 213 mg kg⁻¹), de acordo com a classificação referida (Santos, 1996; LQARS, 2006) (Quadro 3). No passado, a aplicação de adubos potássicos nestas parcelas não foi feita de forma tão generosa, dada a naturalmente maior concentração deste nutriente nos solos, comparativamente ao fósforo, frequentemente deficitário. Assim, estes resultados já apresentam alguma variabilidade entre hortas, sugerindo que o teor de potássio das hortas pode refletir a estratégia de cada hortelão na fertilização do seu espaço.

Os teores de crómio, níquel e chumbo variaram respetivamente, entre 0,14 e 0,90 mg kg⁻¹, 5,35 e 27,36 mg kg⁻¹ e 1,58 e 5,59 mg kg⁻¹ (Quadro 4). De uma forma geral os valores destes elementos são inferiores aos verificados em solos de origem ultrabásica. Sequeira & Silva (1992), registaram valores de níquel acima de 40 mg kg⁻¹ em solos próximos das hortas do IPB e valores de crómio na mesma ordem de grandeza dos registados neste trabalho. Os teores de ferro, manganês, zinco e cobre nas amostras de solo variaram, respetivamente, entre 227,0 e 438,0 mg kg⁻¹, 177,2 e 348,0 mg kg⁻¹, 6,7 e 13,8 mg kg⁻¹ e 13,4 e 20,4 mg kg⁻¹ (Quadro 4). Não ocorreram diferenças apreciáveis entre profundidades, nem podem ser consideradas grandes as diferenças entre amostras individuais, talvez devido a alguma homogeneidade do pH e do teor de matéria orgânica no solo, que são alguns dos fatores que estabilizam a disponibilidade destes nutrientes no solo (Paul & Clarck, 1996; Havlin *et al.* 2005; Arrobas & Pereira, 2009). De qualquer forma, qualquer valor destes elementos encontra-se bastante abaixo dos níveis a não ultrapassar em solos nesta gama de pH, recomendados na Portaria nº 176/96 e expressos no Código das Boas Práticas Agrícolas (MADRP, 1997). O chumbo, potencialmente poluidor dos solos em ambiente urbano, pode aceitar-se, de acordo com a referida portaria, até 300 mg kg⁻¹ na gama de pH 5,5 a 7,5 (MADRP, 1997).

Quadro 4-Concentração de alguns elementos metálicos em amostras de terra colhidas nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm em hortas do IPB, selecionadas de entre aquelas em que se tinham colhidos tecidos vegetais.

Hortas	Prof. (cm)	Cr	Ni	Pb	Fe	Mn	Zn	Cu
		-----mg kg ⁻¹ -----						
5	0-20	0,43	5,39	3,43	337,4	213,0	7,3	17,3
	20-40	0,81	27,36	1,61	357,0	200,0	6,9	16,7
6	0-20	0,43	6,39	3,30	322,4	224,0	7,8	16,4
	20-40	0,63	5,85	3,69	318,4	206,0	6,7	15,7
8	0-20	0,35	5,38	3,16	288,0	211,1	8,5	15,2
	20-40	0,40	4,99	3,62	263,0	188,1	7,4	14,8
9	0-20	0,34	6,80	3,33	290,0	202,0	7,5	14,9
	20-40	0,90	10,76	3,53	309,1	213,0	6,8	15,4
11	0-20	0,48	6,46	4,39	346,3	179,0	8,4	17,2
	20-40	0,37	7,28	4,13	372,0	177,2	7,4	17,9
15	0-20	0,35	5,35	3,87	438,0	211,0	8,4	19,9
	20-40	0,46	5,98	3,07	423,0	201,0	7,3	17,4
19	0-20	0,66	5,40	3,17	296,0	241,0	9,4	19,4
	20-40	0,62	5,71	3,96	295,0	232,0	8,8	20,4
20	0-20	0,35	6,07	2,82	247,0	195,0	9,2	15,0
	20-40	0,37	7,36	4,12	315,1	247,0	8,7	15,8
22	0-20	0,14	6,67	2,56	230,3	209,0	9,6	13,4
	20-40	0,30	5,92	3,29	267,2	250,0	9,1	14,6
32	0-20	0,56	8,13	3,22	355,0	222,2	12,4	17,8
	20-40	0,86	17,30	3,40	356,0	238,8	8,4	19,3
40	0-20	0,20	8,05	2,28	246,0	212,0	8,6	17,8
	20-40	0,93	7,05	2,84	227,0	201,1	7,5	19,9
62	0-20	0,32	18,80	3,16	290,0	206,0	9,0	15,1
	20-40	0,66	6,20	1,50	284,0	204,3	7,5	15,4
79	0-20	0,60	9,53	5,59	380,0	213,0	10,6	17,9
	20-40	0,70	5,54	2,11	392,0	204,0	7,9	18,3
100	0-20	0,21	20,07	3,03	325,3	308,2	13,8	18,1
	20-40	0,72	9,47	2,83	357,2	348,0	12,8	19,0
101	0-20	0,58	10,45	4,63	333,0	313,1	12,4	15,8
	20-40	0,37	10,87	4,05	334,0	328,0	11,0	17,1

Os valores da acidez de troca para a profundidade 0-20 cm variaram de 0,1 a 1,4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, enquanto para a profundidade 20-40 cm variaram de 0,1 a 2,2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. (Quadro 5). Os teores de alumínio apresentaram-se bastante baixos, variando de 0,02 a

1,3 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na profundidade 0-20 cm e de 0,03 a 2,1 na profundidade 20-40 cm. Estes resultados podem ser justificados pelo fato do pH estar situado entre 6,5 e 7,2.

Quadro 5-Acidez de troca (AT), cátions do complexo de troca e capacidade de troca catiónica (CTC) em amostras de terra colhidas nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm em hortas do IPB selecionadas de entre aquelas em que se tinham colhido tecidos vegetais.

Hortas	Prof. (cm)	AT	Al^{3+}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	CTC
		----- $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ -----						
5	0-20	0,2	0,2	0,1	16,6	5,0	0,4	22,3
	20-40	1,0	0,8	0,1	16,2	5,2	0,5	23,0
6	0-20	0,1	0,0	0,2	16,7	4,9	0,4	22,3
	20-40	0,4	0,3	0,1	15,9	4,6	0,4	21,4
8	0-20	0,3	0,3	0,2	16,7	4,6	0,4	22,2
	20-40	0,2	0,1	0,2	15,4	4,7	0,4	20,9
9	0-20	0,7	0,4	0,3	15,5	5,2	0,5	22,2
	20-40	0,1	0,1	0,2	16,1	4,1	0,3	20,8
11	0-20	0,3	0,3	0,4	16,4	5,4	0,5	23,0
	20-40	0,1	0,0	0,3	16,6	5,3	0,5	22,8
15	0-20	0,2	0,2	0,1	17,5	5,5	0,4	23,7
	20-40	0,2	0,1	0,0	15,3	5,5	0,5	21,5
19	0-20	0,4	0,3	0,1	16,9	4,5	0,4	22,3
	20-40	0,7	0,5	0,0	14,9	4,4	0,4	20,4
20	0-20	1,3	1,3	0,1	16,3	4,3	0,4	22,4
	20-40	2,2	1,9	0,2	15,3	5,1	0,4	23,2
22	0-20	0,5	0,4	0,3	16,0	4,5	0,4	21,7
	20-40	1,2	1,1	0,2	15,8	4,9	0,3	22,4
32	0-20	0,7	0,7	0,2	16,0	3,9	0,4	21,2
	20-40	1,2	1,1	0,0	17,5	4,0	0,4	23,1
40	0-20	0,7	0,7	0,2	15,6	5,1	0,4	22,0
	20-40	2,2	2,1	0,1	14,9	5,2	0,4	22,8
62	0-20	1,4	1,3	0,5	17,3	4,6	0,4	24,2
	20-40	1,2	1,0	0,2	14,2	4,5	0,4	20,5
79	0-20	0,1	0,0	0,6	16,3	5,5	0,5	23,0
	20-40	0,1	0,0	0,4	14,6	5,1	0,5	20,7
100	0-20	0,2	0,2	0,8	16,4	5,1	0,3	22,8
	20-40	0,2	0,1	0,7	14,6	5,0	0,3	20,8
101	0-20	0,2	0,2	0,5	16,0	4,9	0,3	21,9
	20-40	0,2	0,2	0,3	15,2	4,7	0,3	20,7

Para esta reação do solo, o alumínio disponível é necessariamente baixo (Paul & Clark, 1996; Havlin *et al.* 2005; Arrobas & Pereira, 2009). Assim, o alumínio em solução não constitui problema para o normal desenvolvimento das plantas.

O potássio de troca foi equivalente nas duas profundidades tendo uma variação entre 0,1 a 0,8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e 0,0 a 0,7 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respetivamente nas profundidades 0-20 e 20-40 cm (Quadro 5).

Os valores de cálcio, magnésio e sódio de troca também não variaram de forma relevante entre profundidades e entre hortas analisadas (Quadro 5). Os valores de cálcio, magnésio e sódio variaram respetivamente entre 14,2 e 17,5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, 3,9 e 5,5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e 0,3 e 0,5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Na análise da capacidade de troca catiónica constataram-se valores compreendidos entre 21,2 e 24,2 (profundidade 0-20 cm) e entre 20,4 e 23,2 (profundidade 20-40 cm). Tal como nos parâmetros anteriores, as diferenças entre profundidades e hortas foram pouco significativas (Quadro 5). Os valores são todos classificados de Muito Altos (LQARS, 2006), sobretudo devido à natureza ultrabásica do substrato rochoso que deu origem a estes solos, como já foi referido.

3.2-Concentração de nitratos nos tecidos de alguns vegetais amostrados em hortas aleatórias

Dentre as espécies vegetais analisadas, o morango (fruto) foi o vegetal com menor teor de nitratos nos tecidos no momento da colheita, com um valor 0,6 g kg^{-1} (Figura 9). O resultado é explicado pelo fato do fruto não ser um órgão preferencial de acumulação de nitratos (Santamaria, 2006). O espinafre, pelo contrário, registou os teores de nitratos mais elevados, quer nos pecíolos quer nas folhas, embora a variação entre hortas tenha sido muito elevada. A concentração média de nitratos na matéria seca dos pecíolos de espinafre foi de 60,9 g kg^{-1} e nas folhas de 16,0 g kg^{-1} . O espinafre é um vegetal sobremaneira conhecido pela sua capacidade em acumular nitratos nos vacúolos das células quando estes se encontram disponíveis no solo (Santamaria, 2006), aspeto que levou a comunidade europeia a definir limites críticos de nitratos em espinafre para o vegetal poder ser comercializado (Regulamento CE Nº 563/2002). Os teores de nitratos na nabiça também variaram bastante entre pecíolos e folhas. À semelhança do espinafre, também ocorreu uma maior concentração de nitratos nos pecíolos (54,0 g kg^{-1}) em

comparação às folhas (12,4 g kg⁻¹). Os pecíolos, devido à elevada proporção de tecidos condutores, são órgãos preferenciais de acumulação de nitratos (Gardner & Jones, 1975; Rodrigues, 2000).

As couves, quer Penca quer Galega, apresentaram teores de nitratos nos tecidos ainda elevados, sobretudo nos pecíolos (Figura 9). Na couve Penca, pecíolos e folhas apresentaram os valores médios de 39,6 e 19,1 g kg⁻¹ e a Galega 42,8 e 13,3 g kg⁻¹. Os pecíolos são os órgãos preferenciais de acumulação de nitratos tal com anteriormente referido.

A cenoura apresentou maior concentração de nitratos na raiz (15,7 g kg⁻¹) que nos pecíolos (13,0 g kg⁻¹), embora estas diferenças não tenham sido muito elevadas (Figura 9). A cenoura (raiz) é um alimento no qual o teor de nitratos deve ser monitorado devido a ser frequentemente alimento de bebés que são muito vulneráveis à ingestão de nitratos (ATSDR, 1991; Boink & Speijers, 2001). A união europeia estabeleceu limites críticos de concentração de nitratos nestes vegetais (Regulamento CE N° 655/2004), embora a capacidade de acumulação de nitratos pela cenoura seja relativamente baixa (Santamaria, 2006).

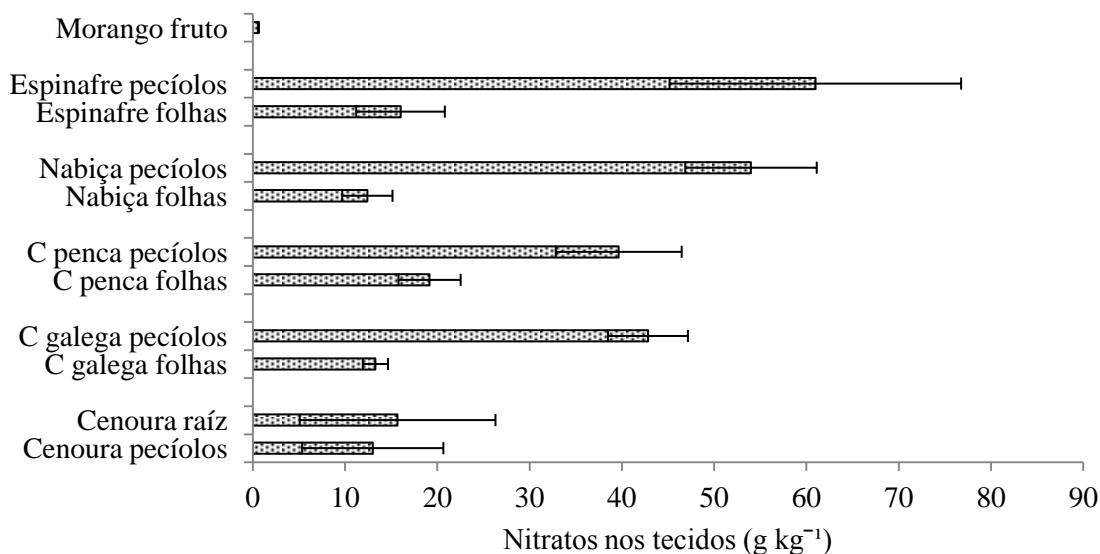


Figura 9-Comparação da concentração de nitratos em diferentes órgãos, de alguns vegetais das hortas do IPB.

3.3-Estado nutricional das plantas

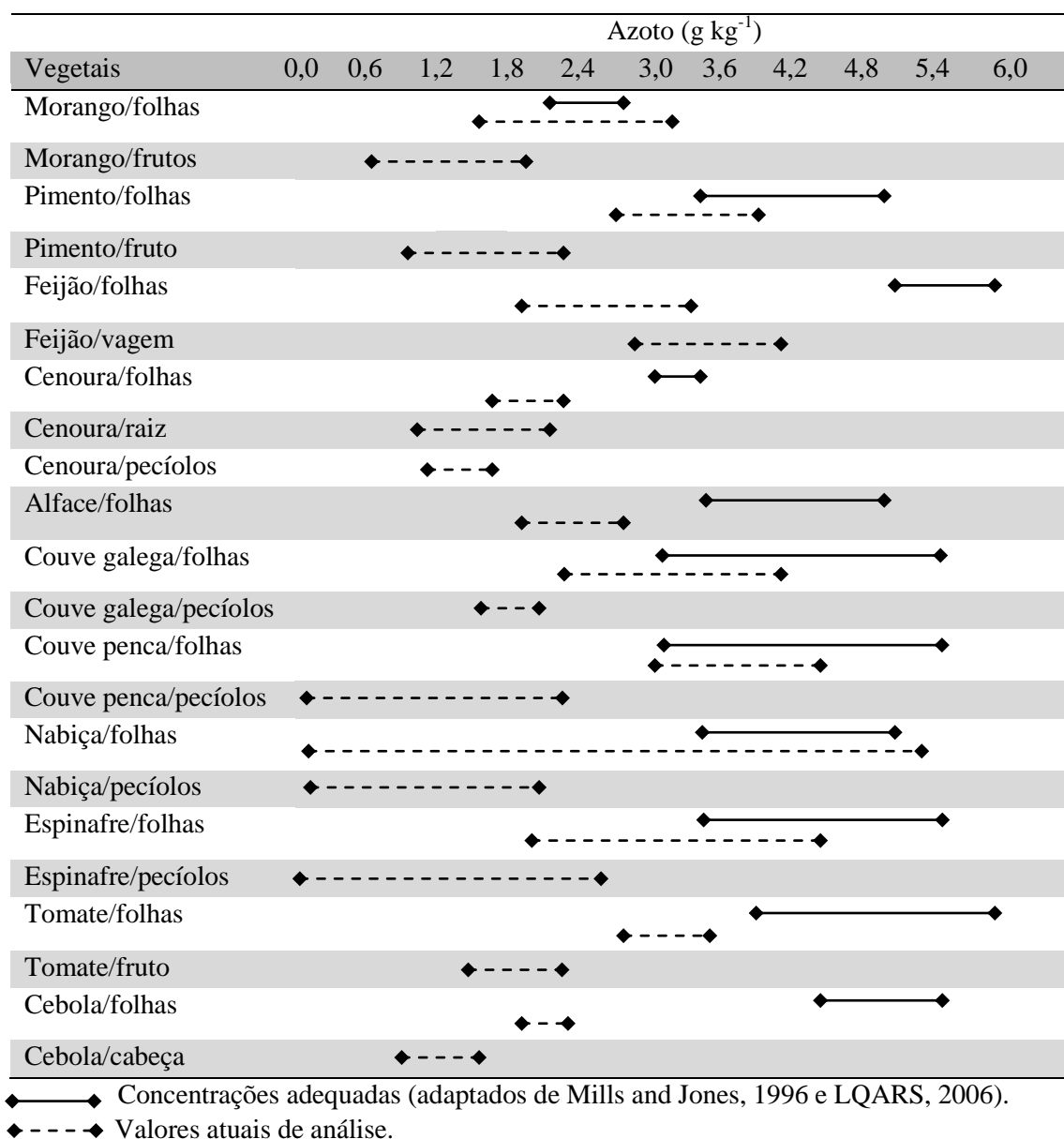
Apresentam-se de seguida (quadros 6 a 15) os resultados de composição elementar das plantas, com vista a caracterizar o seu estado nutricional, tendo sido escolhido o tecido habitualmente usado no diagnóstico do estado nutricional das plantas. Os valores atuais de análise foram comparados com os valores padrão de interpretação de resultados quando foi possível encontrá-los na bibliografia da especialidade. Assim, os intervalos de suficiência crítica estão sobretudo baseados em Mills & Jones (1996) e LQARS (2006).

3.3.1-Concentração de azoto nos tecidos

O quadro 6 mostra um padrão para o estado nutricional das plantas muito abaixo do intervalo de concentrações adequadas para a maioria dos vegetais analisados. São exemplo desta situação o pimento, o feijão, a alface, o espinafre, o tomate e a cebola.

Para outros vegetais, ocorreram amostras com valores abaixo do limite inferior do intervalo de concentrações adequadas mas também algumas amostras em que as plantas se apresentavam em estado nutricional adequado. São exemplo desta situação o morango, a couve-penca, a couve-galega e a nabiça. A disponibilidade de azoto no solo é muito variável devido à dinâmica do nutriente no solo (Powlson, 1993; Santos, 1996; Rodrigues, 2000). Esta grande variação encontrada entre vegetais e também de concentração de azoto para a mesma espécie vegetal proveniente de hortas diferentes reflete diferenças nas estratégias de fertilização dos diferentes horticultores.

Quadro 6- Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o azoto em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.

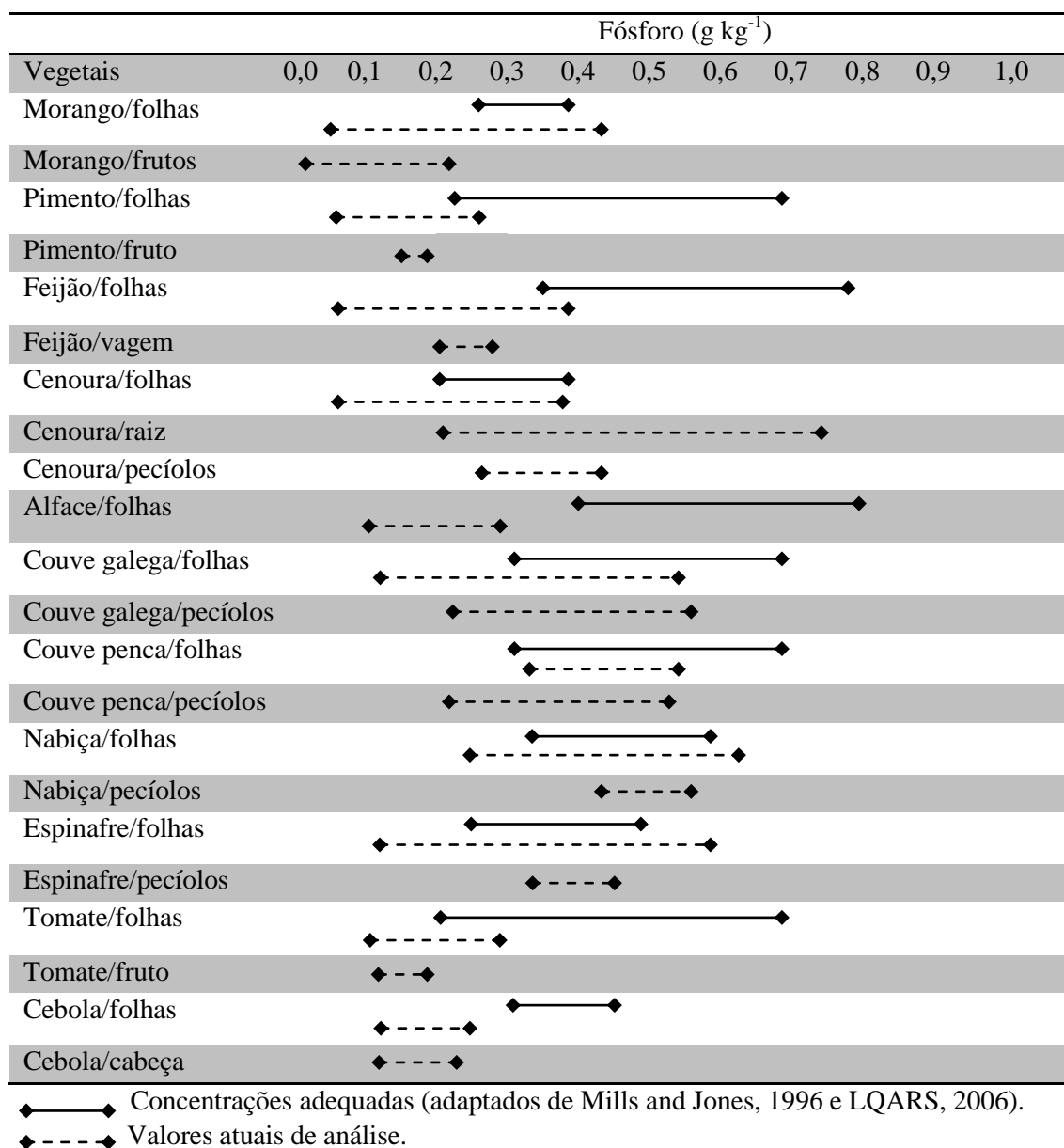


3.3.2-Concentração de fósforo nos tecidos

As concentrações de fósforo nos tecidos revelaram-se numa gama bastante variável para cada vegetal. De uma maneira geral, as concentrações atuais estiveram coincidentes com o intervalo de concentrações adequadas, raramente mais elevadas mas por vezes também mais baixas (Quadro 7). As espécies em que as concentrações de fósforo nas folhas tenderam a aparecer mais baixas que o intervalo de concentrações

adequadas foram o pimento, o feijão, a alface e ainda o tomate. Esta dispersão de resultados entre hortas e espécies vegetais reflete, em princípio, duas situações: um solo globalmente rico em fósforo, ainda que variável entre hortas; e um estado fenológico no momento de colheita que nem sempre foi possível padronizar.

Quadro 7- Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o fósforo em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.



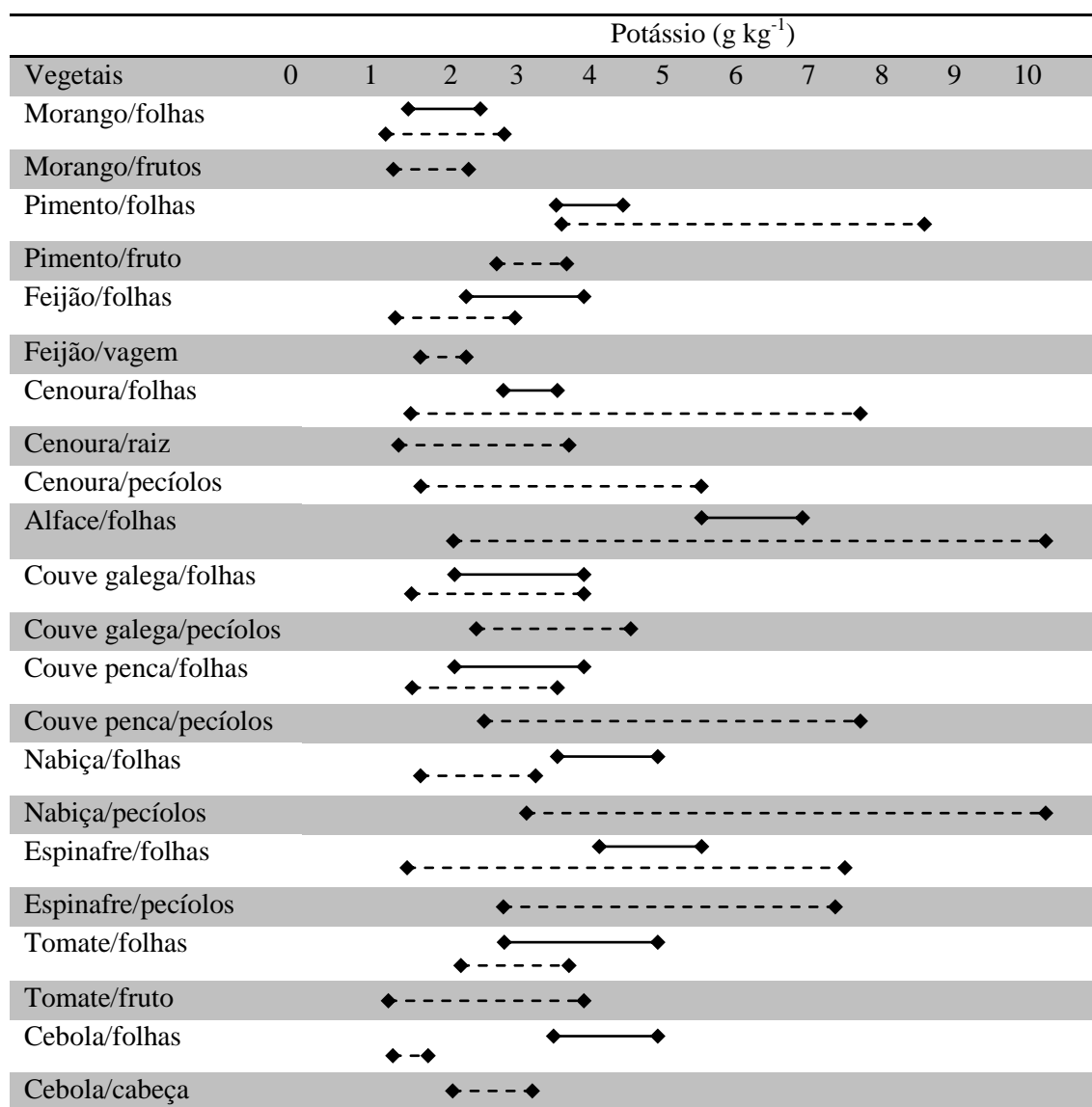
Note-se que, num estado mais avançado do ciclo vegetativo, o fósforo tende a migrar para os órgãos de reserva da planta e acumular-se aí na forma de fitina (Varenes, 2003). Como se sabe, a idade das plantas é um dos fatores que mais afeta a

sua composição química (Smith, 1962; Marschner, 1986; Porro *et al.* 1995; Mills & Jones, 1996; Rodrigues, 2000).

3.3.3-Concentração de potássio nos tecidos

Relativamente à concentração de potássio nas folhas dos diferentes vegetais é possível observar valores em concordância geral com os estabelecidos pelos intervalos de concentrações críticas (p. ex. pimento, couve-galega, couve-penca e tomate).

Quadro 8- Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o potássio em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.



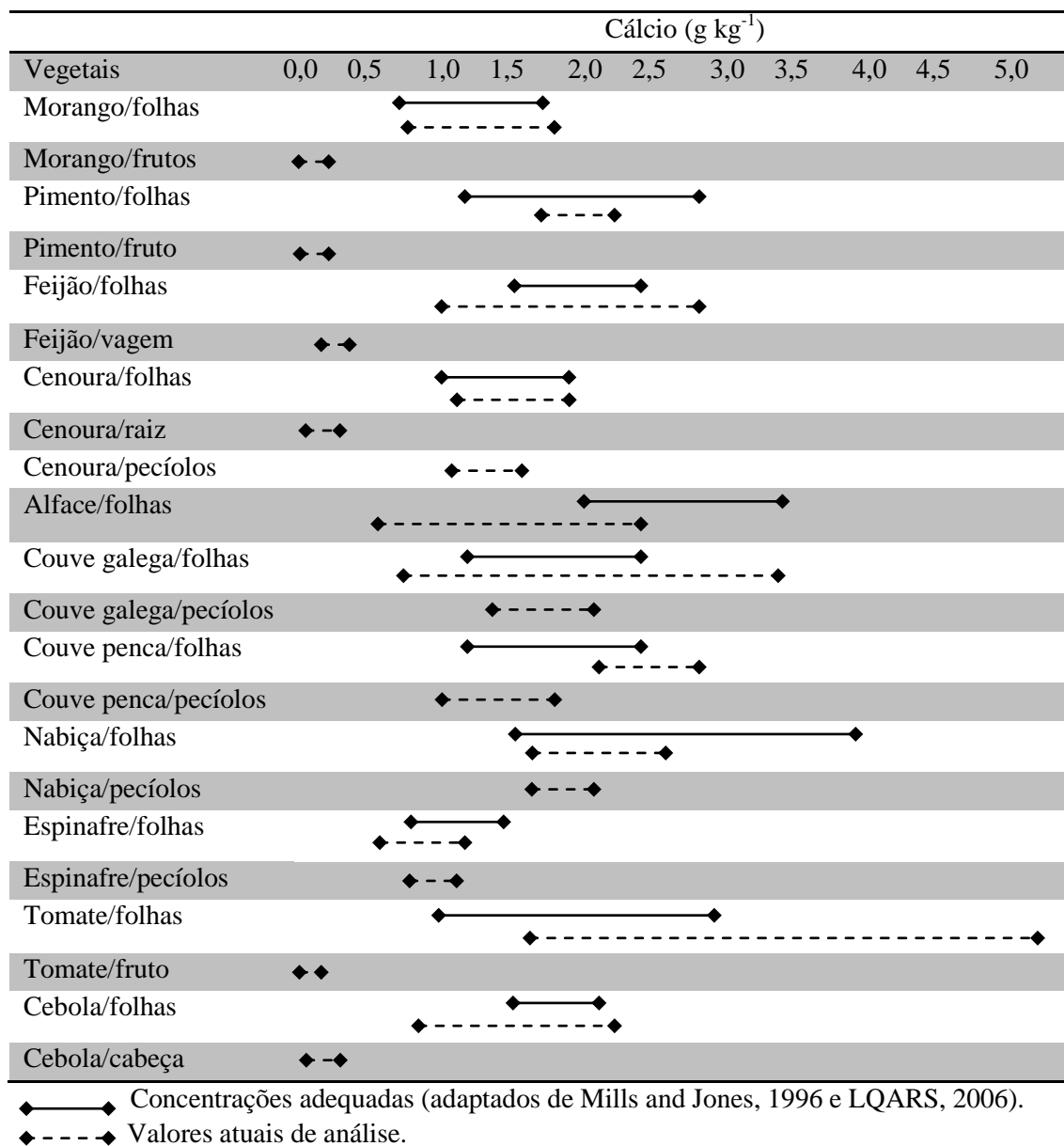
◆—◆ Concentrações adequadas (adaptados de Mills and Jones, 1996 e LQARS, 2006).
 ◆- - -◆ Valores atuais de análise.

Surgem também valores tendencialmente mais elevados que os publicados como intervalo de concentrações críticas, como aconteceu com cenoura e por vezes alface (Quadro 8). O contrário foi ainda frequente, isto é, valores de concentrações críticas abaixo do intervalo de concentrações adequadas. Nesta situação podem referir-se o feijão, a nabiça, a cebola e, por vezes, a alface. No caso do potássio, as principais causas que justificam os resultados encontrados serão alguma variabilidade nos teores de potássio no solo e, por certo, também alguma heterogeneidade no estado fenológico dos vegetais colhidos.

3.3.4-Concentração de cálcio nos tecidos

De uma maneira geral, a concentração de cálcio nas folhas de morango, pimento, feijão, cenoura, couve-galega, couve-penca, nabiça, espinafre, tomate e cebola encontram-se na mesma gama de valores que a definida pelo intervalo de concentrações adequadas para estas espécies (Quadro 9). Sendo assim, quer as culturas de primavera/verão quer as de outono/inverno parecem não ter problemas particulares com a nutrição em cálcio, o que não será alheio o fato de os solos serem de reação próxima da neutralidade (Quadro 3) e o complexo de troca estar bem provido de cálcio (Quadro 5). No caso da alface, os teores de cálcio nas folhas estão mais baixos que os referidos no intervalo de concentrações adequadas. Não será fácil tentar justificar o resultado particular desta espécie, mas a razão poderá ser de natureza genética, associada às cultivares usadas pelos produtores. Sabe-se que aspetos genéticos, como as cultivares, podem influenciar a composição mineral das plantas (Singh, 1993; Mills & Jones, 1996; Rodrigues *et al.* 2000).

Quadro 9- Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o cálcio em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.

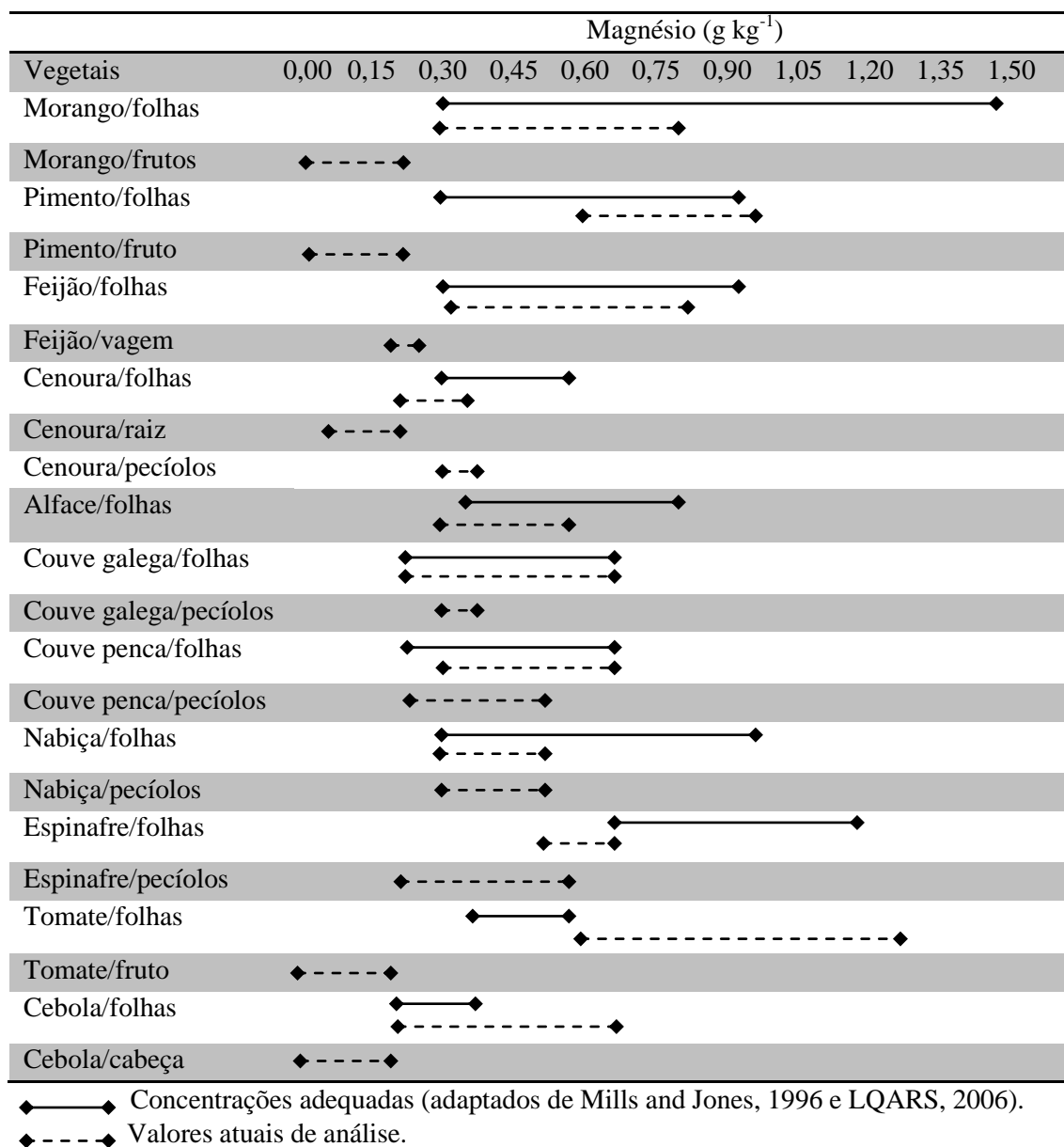


3.3.5-Concentração de magnésio nos tecidos

A concentração de magnésio nas folhas seguiu a tendência observada para o cálcio (Quadro 10). Praticamente todos os vegetais apresentaram concentrações de magnésio nos tecidos próximos da zona de concentrações adequadas. O pH próximo da neutralidade e um complexo de troca bem provido de magnésio fizeram com que as

plantas cultivadas nestes solos não apresentassem problemas de nutrição com magnésio, independentemente das práticas de fertilização seguidas pelos horticultores.

Quadro 10- Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o magnésio em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.

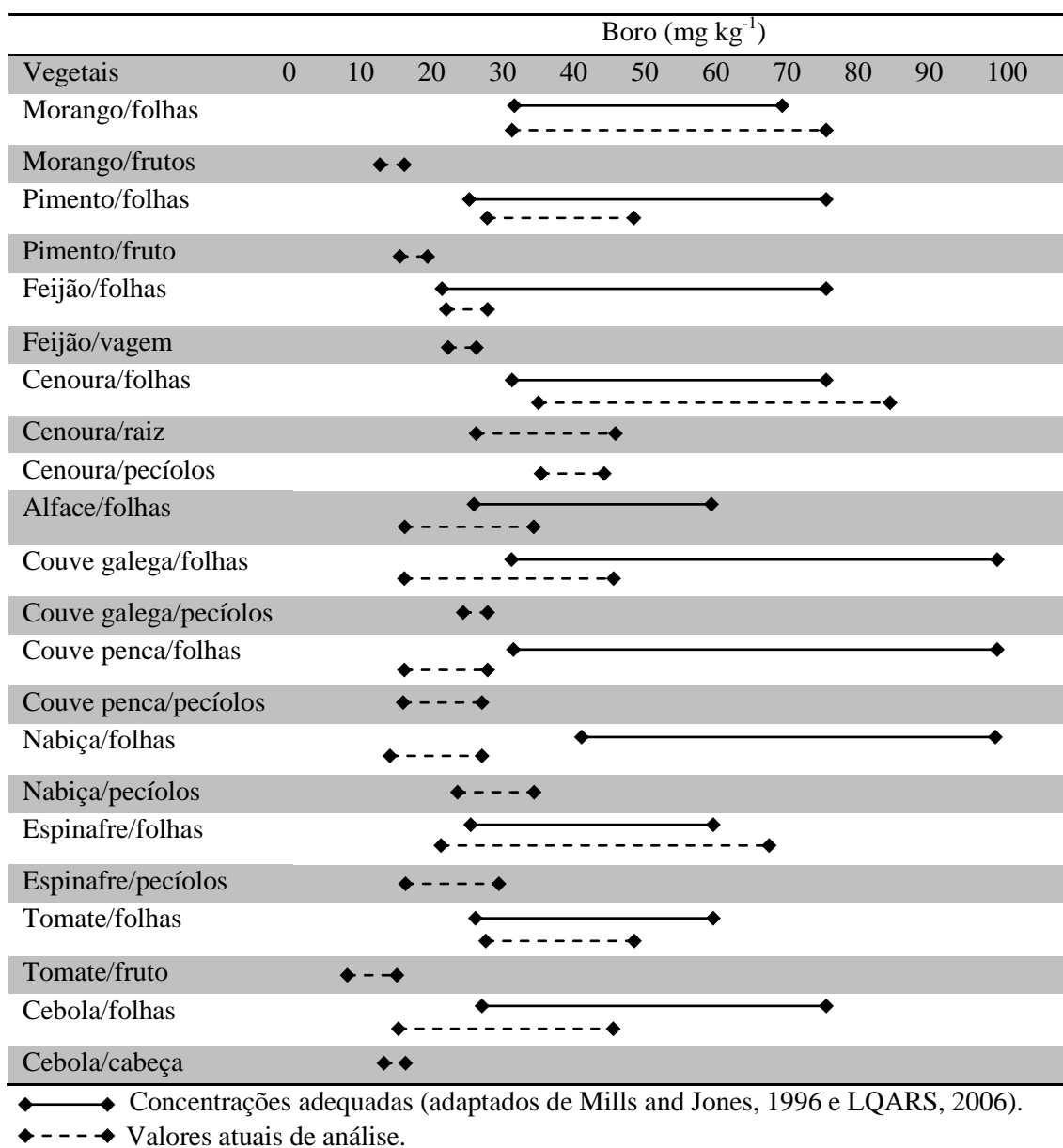


3.3.6-Concentração de boro nos tecidos

A concentração de boro nas folhas dos vegetais cultivados nas hortas do IPB parece colocar as espécies em dois grupos distintos, isto é, morango, feijão, pimento, cenoura, tomate e cebola apresentaram concentrações de boro nos tecidos

maioritariamente na gama de concentrações adequadas (Quadro 11). Por outro lado, couve-penca, couve-galega e nabiça apresentaram teores de boro nos tecidos inferiores aos intervalos de concentrações adequadas.

Quadro 11- Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o boro em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.



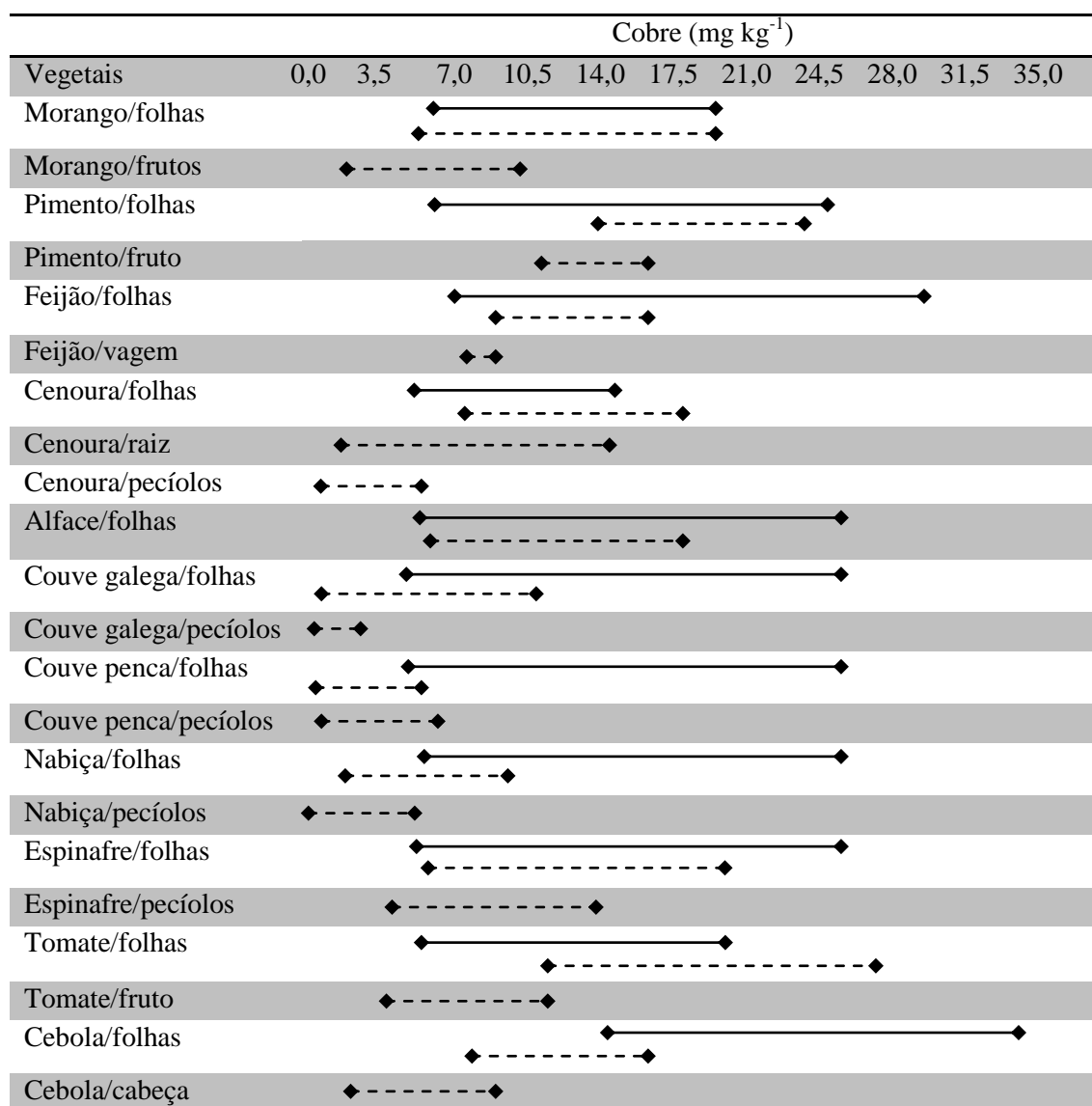
Estas espécies podem ser agrupadas em culturas de primavera/verão, as primeiras, e culturas de outono/inverno, as segundas. Assim, parece haver um qualquer problema na absorção de boro pelas espécies cultivadas na época fria. Até que ponto este aspeto deve ser tido em conta na estratégia de fertilização é duvidoso, uma vez que o

fornecimento de boro parece adequado às espécies cultivadas no período primavera/verão. Por outro lado, não será recomendável aplicar boro a estes solos porque o elemento torna-se fitotóxico para valores relativamente baixos (Santos, 1996).

3.3.7-Concentração de cobre nos tecidos

De uma maneira geral, os vegetais apresentaram concentrações de cobre nos tecidos próximos da gama de concentrações adequadas (Quadro 12).

Quadro 12- Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o cobre em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.



◆—◆ Concentrações adequadas (adaptados de Mills and Jones, 1996 e LQARS, 2006).

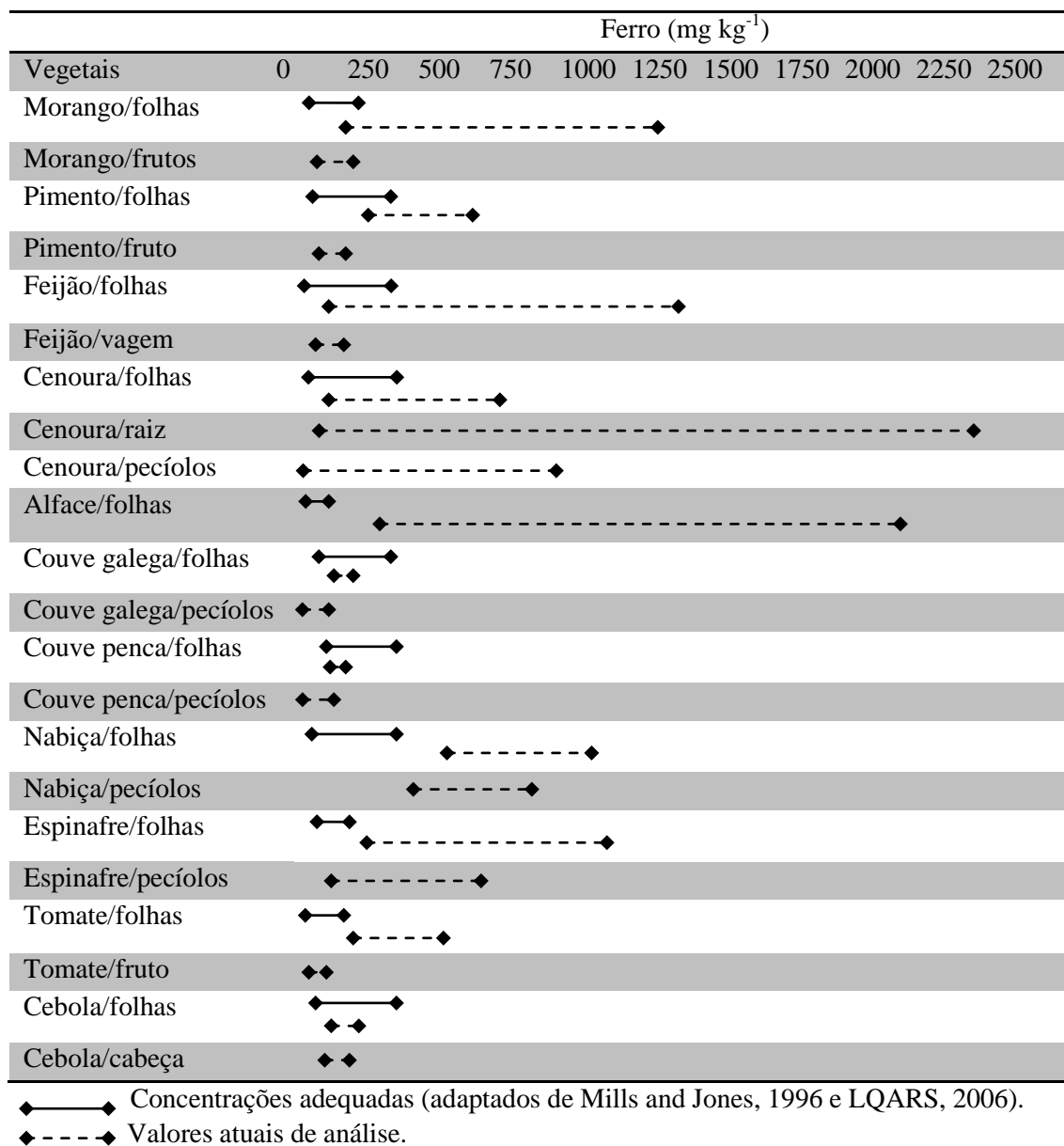
◆- - -◆ Valores atuais de análise.

Contudo, as espécies de ciclo outono/inverno apresentaram valores de cobre mais baixos que os definidos pelo intervalo de concentrações adequadas. Temperaturas baixas e/ou humidade excessiva no solo parecem estar a condicionar a absorção deste elemento. Contudo, o bom estado nutricional geral em cobre por certo será devido à gama de pH próximo da neutralidade que todas as hortas apresentam.

3.3.8-Concentração de ferro nos tecidos

Os teores de ferro nos tecidos encontram-se acima da zona de concentrações adequadas para a maioria dos vegetais (Quadro 13). Tendo em conta que o ferro é um elemento essencial para humanos, uma dieta rica em ferro pode ser favorável aos horticultores. Contudo, há que procurar encontrar uma explicação para estes valores de ferro elevados. Tendo em conta que muitas hortas têm problemas de drenagem durante o inverno, é provável que as condições de redução aumentem a disponibilidade do ferro no solo e favoreçam a sua absorção pelas plantas. Recorde-se que o solo é um fluvisolo gleico que sofre a influência de uma toalha freática durante grande parte do ano (Afonso & Arrobas, 2009). Desta forma, os vegetais cultivados nestas parcelas têm tendência a apresentar teores altos de ferro, independentemente da ação do horticultor. A serem as condições de redução a origem do problema, este só poderia ser resolvido com um plano de drenagem das hortas.

Quadro 13- Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o ferro em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.

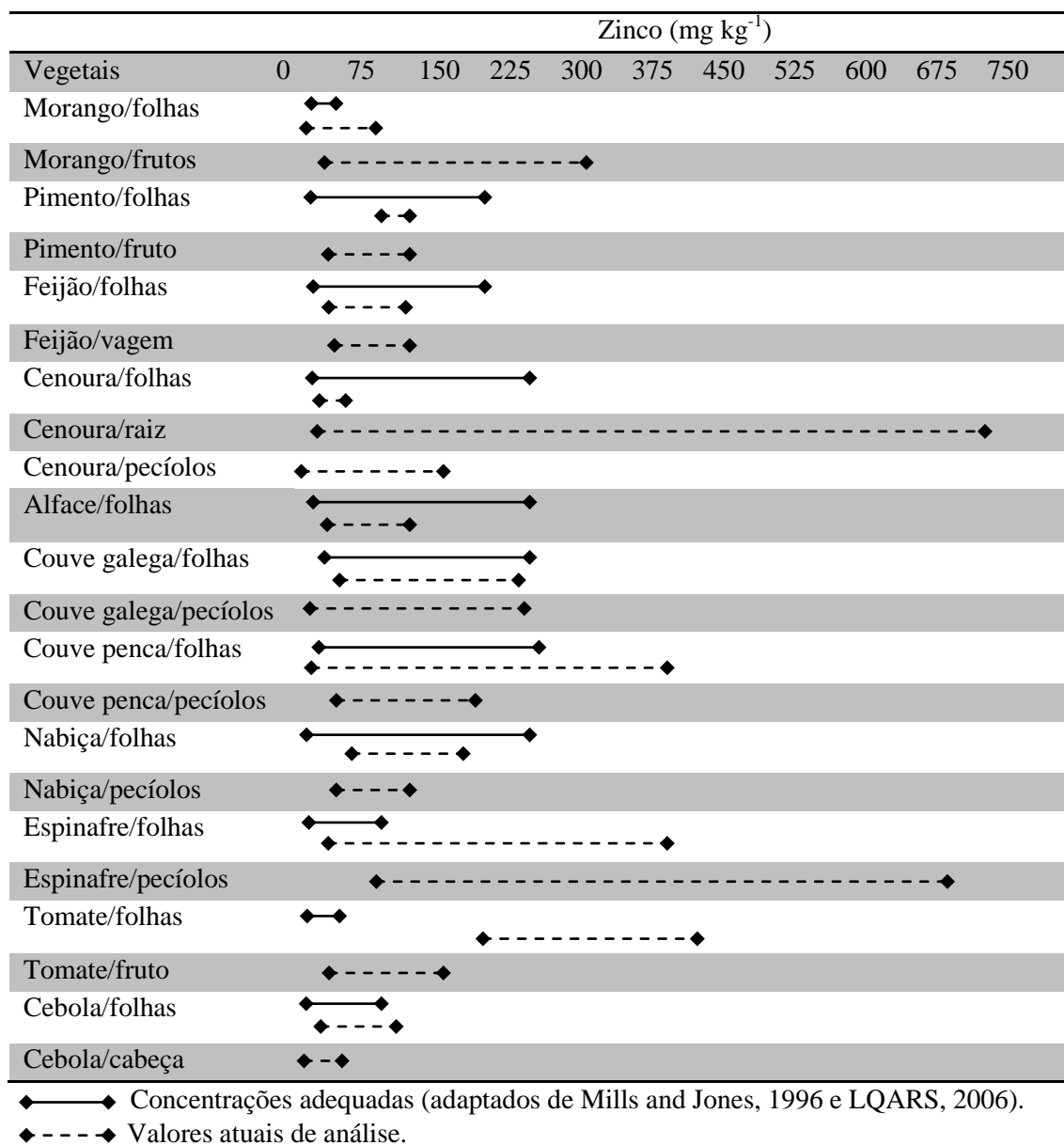


3.3.9-Concentração de zinco nos tecidos

As concentrações de zinco nos tecidos estão bastante próximas das que estão publicadas como intervalos de concentrações adequadas (Quadro 14). De uma maneira geral, morangueiro, pimenteiro, feijoeiro, etc., apresentam um estado nutricional em zinco adequado. Tal como foi sendo observado para outros micronutrientes metálicos, deverá ser o pH do solo a estabilizar a disponibilidade de zinco para as plantas. Assim,

os horticultores não terão de se preocupar com a disponibilidade de zinco no solo para as suas culturas, à semelhança do que acontece na generalidade das situações culturais.

Quadro 14-Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o zinco em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.

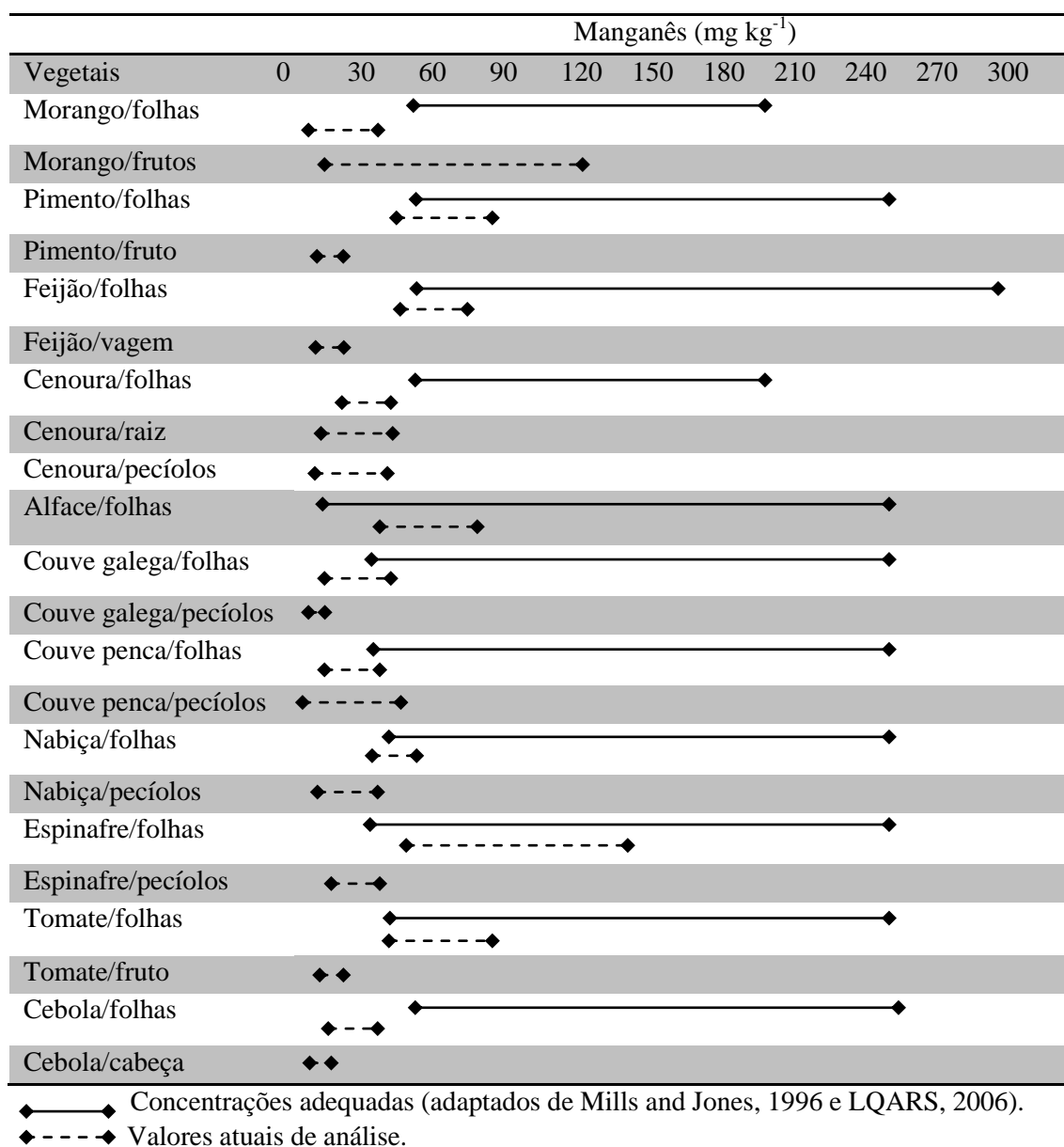


3.3.10-Concentração de manganês nos tecidos

A concentração de manganês nos tecidos aparece na gama de concentrações adequadas para a generalidade dos vegetais e em alguns casos surge abaixo da zona de concentrações adequadas (p. ex. cenoura, couve-galega, couve-penca e cebola) (Quadro

15). Dentro das amostragens de cada vegetal a variação na concentração de manganês foi bastante baixa, o que reflete que o que determina a concentração do manganês nas folhas não é nada que seja feito à escala do produtor. Sendo o manganês um elemento cuja disponibilidade no solo tende a aumentar com a acidez (Havlin *et al.* 2005; Arrobas & Pereira, 2009), talvez isso explique a reduzida/adequada disponibilidade de manganês nos solos. De qualquer forma, o manganês também não deverá ser preocupação do horticultor no seu plano de fertilização da horta.

Quadro 15- Comparação entre os valores atuais de análise e os valores da classe de suficiência (quando disponíveis) para o manganês em diferentes espécies hortícolas e tecidos vegetais.



3.4-Concentração de metais pesados nos vegetais

3.4.1-Concentração de crómio nos tecidos

A concentração de crómio na matéria seca dos diferentes vegetais variou de forma evidente entre as diferentes partes das plantas analisadas. As folhas de morango, por exemplo, apresentaram teores de crómio a variar entre 4,2 e 26,9 mg kg⁻¹ enquanto nos frutos as concentrações de crómio variaram 1,2 e 4,6 mg kg⁻¹ (Quadro 16).

Quadro 16-Dispersão das concentrações de crómio nos tecidos de alguns vegetais.

Vegetais	Crómio (mg kg ⁻¹)										
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0	17,5	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0
Morango/folhas			◆	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	◆
Morango/frutos	◆	-----	◆								
Pimento/folhas				◆	-----	-----	-----	-----	-----	-----	◆
Pimento/fruto		◆	-----	◆							
Feijão/folhas				◆	-----	-----	◆				
Feijão/vagem											ND
Cenoura/folhas							◆	◆			
Cenoura/raiz		◆	-----	◆							
Cenoura/pecíolos				◆	-----	◆					
Alface/folhas		◆	-----	-----	-----	◆					
Couve galega/folhas		◆	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	◆
Couve galega/pecíolos		◆	-----	◆							
Couve penca/folhas		◆	◆								
Couve penca/pecíolos			◆	-----	-----	◆					
Nabiça/folhas				◆	-----	-----	◆				
Nabiça/pecíolos		◆	-----	◆							
Espinafre/folhas		◆	-----	-----	-----	◆					
Espinafre/pecíolos		◆	-----	◆							
Tomate/folhas		◆	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	◆
Tomate/fruto											ND
Cebola/folhas							◆	◆			
Cebola/cabeça											ND

ND (valor menor que o limite de detenção, 0,02 mg/L, correspondente ao padrão mais baixo utilizado na recta de calibração).

No pimenteiro, feijoeiro e tomateiro a concentração de crómio nas folhas ultrapassou largamente a concentração encontrada nos frutos. Na parte comestível da cebola, na vagem do feijoeiro e no tomate (fruto) não foi detetado crómio.

A exposição à ingestão de quantidades mais elevadas de crómio poderá, então, resultar do uso das folhas dos vegetais em ambientes poluídos e menos dos frutos e

órgãos de reserva das plantas. Nas cidades pode surgir poluição de crómio devido à corrosão de chapa metálica (Varenes, 2003). Tendo por referência a alface, uma planta referida como híper-acumuladora de metais pesados (Nali *et al.* 2003), das partes vegetais comestíveis apenas a folha de couve-galega apresentou teores de crómio mais elevados. Parece que o crómio se acumula nas folhas, havendo restrição à sua translocação para os órgãos de reserva. O Regulamento EU nº 420/2011, que fixa os teores máximos de certos contaminantes presentes nos géneros alimentícios, não apresenta referência à concentração deste elemento nos vegetais.

3.4.2-Concentração de chumbo nos tecidos

A concentração de chumbo apresentou-se bastante homogénea entre as diferentes espécies vegetais e tecidos analisados (Quadro 17).

Quadro 17-Dispersão das concentrações de chumbo nos tecidos de alguns vegetais.

Vegetais	Chumbo (mg kg ⁻¹)											
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
Morango/folhas						◆	-----	-----	◆			
Morango/frutos						◆	-----	-----	◆			
Pimento/folhas						◆	-----	-----	◆			
Pimento/fruto					◆	-----	◆					
Feijão/folhas						◆	-----	-----	◆			
Feijão/vagem						◆	-----	◆				
Cenoura/folhas						◆	-----	-----	◆			
Cenoura/raiz						◆	-----	-----	◆			
Cenoura/pecíolos							◆	-----	-----	◆		
Alface/folhas					◆	-----	-----	-----	-----	◆		
Couve galega/folhas							◆	-----	-----	-----	◆	
Couve galega/pecíolos								◆	-----	-----	◆	
Couve penca/folhas								◆	-----	-----	◆	
Couve penca/pecíolos								◆	-----	-----	◆	
Nabiça/folhas								◆	-----	-----	◆	
Nabiça/pecíolos									◆	-----	-----	◆
Espinafre/folhas						◆	-----	-----	-----	-----	◆	
Espinafre/pecíolos									◆	-----	-----	◆
Tomate/folhas							◆	-----	-----	-----	◆	
Tomate/fruto		◆	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	◆	
Cebola/folhas							◆	-----	-----	-----	◆	
Cebola/cabeça					◆	-----	-----	-----	-----	-----	◆	

No caso do morangueiro, o chumbo surge com concentrações na matéria seca das folhas a variar entre 14,0 e 24,0 mg kg⁻¹ e nos frutos entre 14,0 e 22,0 mg kg⁻¹. O chumbo pode provocar problemas de saúde de elevada gravidade no homem (Guilherme & Marchi, 2007). Nos meios urbanos, as emissões de chumbo são potencialmente relevantes devido à intensa utilização de veículos automóveis, em particular os que são movidos a gasolina (Varenes, 2003). Estes resultados mostram que se o meio se encontrar poluído as partes comestíveis aparecem contaminadas de igual forma pelo metal. Em estudo anterior na cidade de Braga, Pinto (2007) registou teores de chumbo em alface a variar entre <0,04 e 8,62 mg kg⁻¹. De acordo com o Regulamento UE n°420/2011, o limite crítico de chumbo nos vegetais é de 0,3 mg kg⁻¹ de matéria fresca. Os valores registados não são muito diferentes considerando que os vegetais das hortas do IPB possuem, por vezes, mais do de 90% de humidade.

3.4.3-Concentração de cádmio nos tecidos

A concentração de cádmio revelou-se mais elevada nas folhas que nos órgãos que acumulam reservas, como os frutos e a cabeça da cebola (Quadro 18). No caso do morangueiro, por exemplo, as concentrações de cádmio na matéria seca das folhas variaram entre 2,4 a 3,2 mg kg⁻¹, enquanto na matéria seca dos frutos se ficaram em 1,8 a 2,6 mg kg⁻¹. Entre espécies vegetais não ocorreram grandes variações nas concentrações de cádmio nos tecidos. Nas cidades, o cádmio pode aparecer como contaminante sobretudo devido ao desgaste da borracha dos pneus (Varenes, 2003), podendo posteriormente ser arrastado pelas águas das chuvas para espaços cultivados. Em estudo anterior, Pinto (2007) registou valores de cádmio em alface num projeto de hortas urbanas na cidade de Braga a variar entre 0,07 a 0,39 mg kg⁻¹. De acordo com o Regulamento EU 420/2011 a concentração limite nos vegetais deverá ser de 0,2 mg kg⁻¹ de peso fresco. Considerando que o valor médio da matéria seca dos frutos e vegetais das hortas do IPB anda à volta dos 10%, os valores registados na matéria seca estão dentro da gama das concentrações permitidas.

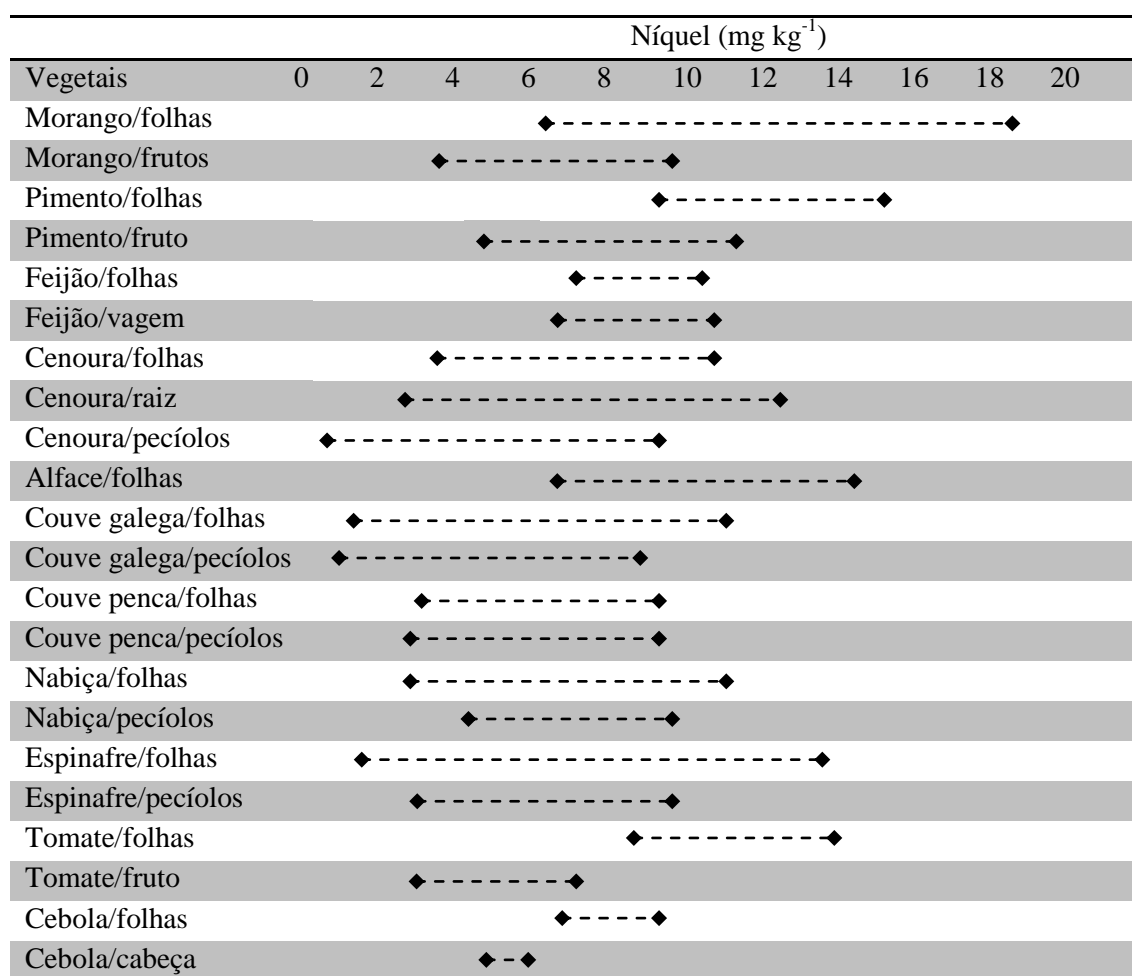
Quadro 18- Dispersão das concentrações de cádmio nos tecidos de alguns vegetais.

Vegetais	Cádmio (mg kg ⁻¹)										
	0,0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4
Morango/folhas							◆	-----	◆		
Morango/frutos						◆	-----	◆			
Pimento/folhas									◆	---	◆
Pimento/fruto						◆	-----	◆			
Feijão/folhas									◆	-----	◆
Feijão/vagem							◆	---	◆		
Cenoura/folhas									◆	-----	◆
Cenoura/raiz						◆	-----	◆			
Cenoura/pecíolos							◆	-----	◆		
Alface/folhas									◆	---	◆
Couve galega/folhas									◆	-----	◆
Couve galega/pecíolos									◆	---	◆
Couve penca/folhas									◆	---	◆
Couve penca/pecíolos									◆	---	◆
Nabiça/folhas									◆	---	◆
Nabiça/pecíolos									◆	---	◆
Espinafre/folhas									◆	-----	◆
Espinafre/pecíolos									◆	---	◆
Tomate/folhas									◆	-----	◆
Tomate/fruto						◆	-----	◆			
Cebola/folhas									◆	-----	◆
Cebola/cabeça						◆	-----	◆			

3.4.4-Concentração de níquel nos tecidos

A concentração de níquel variou em função da parte do tecido analisado, tal como se verificou para o crómio e o cádmio. As folhas revelaram concentrações de níquel mais elevadas que os frutos e outros órgãos de acumulação de reservas (Quadro 19). No caso do morango, a concentração de níquel nas folhas variou de 6,0 a 18,8 mg kg⁻¹, enquanto nos frutos variou de 3,8 a 9,8 mg kg⁻¹. Dos vegetais comestíveis, a alface apresentou os valores mais elevados de níquel nos tecidos. Nas cidades, o níquel pode aparecer como contaminante pela corrosão de chapa metálica (Varenes, 2003). O regulamento EU nº 420/2011 não apresenta nenhum tipo de limitação deste elemento nos vegetais. Este regulamento apresenta como principal preocupação relativa a elementos contaminantes a concentração em chumbo, cádmio e mercúrio. Neste trabalho o mercúrio não foi determinado por incapacidade analítica da Unidade de Química Analítica – Laboratório de Análise de Solos e Plantas da ESAB.

Quadro 19- Dispersão das concentrações de níquel nos tecidos de alguns vegetais.



3.5-Azoto mineral no solo

A primeira colheita de terras com vista à determinação do teor de nitratos e amónia nos solos foi realizada em 25 de setembro de 2013. Os resultados destas determinações encontram-se espelhados no quadro 20.

Os teores de nitrato no solo foram bastante similares nas duas profundidades 0-20 e 20-40 cm, variando respetivamente entre 0,04 a 4,5 mg kg^{-1} e 0,04 a 4,3 mg kg^{-1} . As concentrações do ião amónio variaram de 0,9 a 3,2 mg kg^{-1} na profundidade 0-20 cm e de 0,3 a 3,4 mg kg^{-1} na profundidade 20-40 cm. Atendendo aos valores semelhantes de nitrato e amónio encontrados nas duas profundidades, a quantidade de azoto mineral presente também não diferiu grandemente entre profundidades, pois o azoto mineral é obtido pela soma de azoto nítrico e amoniacal. As concentrações de azoto mineral encontram-se compreendidas entre 1,0 e 6,1 mg kg^{-1} e entre 0,3 e 6,1 mg kg^{-1} , respetivamente nas profundidades 0-20 e 20-40 cm.

No dia 11 de novembro de 2013 foi efetuada a segunda colheita de amostras de solo para determinação do azoto mineral (Quadro 20).

Quadro 20- Azoto mineral em amostras de terra colhidas em três datas de amostragem nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm em hortas do IPB selecionadas de entre aquelas em que se tinham colhido tecidos vegetais.

Hortas	Prof. (cm)	25/09/2013 (mg kg ⁻¹)			11/11/2013 (mg kg ⁻¹)			24/03/2014 (mg kg ⁻¹)		
		NO ₃ -N	NH ₄ ⁺ -N	Min-N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	Min-N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	Min-N
5	0-20	0,2	1,0	1,2	0,0	3,5	3,5	1,6	3,3	4,9
	20-40	3,0	2,0	5,0	3,0	6,7	9,7	1,8	7,2	9,0
6	0-20	4,5	1,6	6,1	0,6	8,6	9,2	1,8	8,1	9,9
	20-40	4,0	1,7	5,7	4,7	2,5	7,2	1,7	7,5	9,2
8	0-20	3,7	1,1	4,8	4,0	3,5	7,5	1,8	3,9	5,7
	20-40	2,9	2,2	5,1	4,7	2,4	7,1	1,9	7,0	8,9
9	0-20	0,2	1,7	1,9	0,0	4,0	4,0	2,1	5,9	8,0
	20-40	1,3	2,5	3,8	2,5	4,8	7,3	1,7	6,6	8,3
11	0-20	3,0	3,0	6,0	3,6	3,4	7,0	1,9	3,3	5,2
	20-40	2,9	2,3	5,2	0,0	6,7	6,7	1,6	6,8	8,4
15	0-20	4,1	1,0	5,1	1,6	2,8	4,4	1,5	5,3	6,8
	20-40	3,5	2,6	6,1	9,3	4,7	14,0	1,8	9,6	11,4
19	0-20	2,1	0,9	3,0	0,0	3,5	3,5	1,9	3,9	5,8
	20-40	0,0	3,4	3,4	4,2	5,4	9,6	1,8	6,4	8,2
20	0-20	4,2	1,3	5,5	1,4	3,7	5,1	1,7	4,5	6,2
	20-40	4,3	0,4	4,7	2,9	4,2	7,1	1,7	11,5	13,2
22	0-20	1,1	3,2	4,3	0,0	3,2	3,2	1,9	4,6	6,5
	20-40	3,3	1,5	4,8	0,0	2,8	2,8	1,8	10,9	12,7
32	0-20	2,3	1,9	4,2	3,9	3,5	7,4	1,6	3,4	5,0
	20-40	2,7	0,3	3,0	4,1	3,3	7,4	1,5	5,9	7,5
40	0-20	0,2	1,7	1,8	0,0	3,0	3,0	2,1	4,8	6,9
	20-40	0,0	0,6	0,6	2,9	7,6	10,5	1,9	4,3	6,2
62	0-20	0,3	2,2	2,5	0,0	4,9	4,9	2,1	7,3	9,4
	20-40	0,1	0,7	0,7	0,0	5,1	5,1	1,7	5,7	7,4
79	0-20	0,1	3,0	3,1	0,0	4,4	4,4	5,4	1,4	6,8
	20-40	0,5	0,6	1,1	0,0	2,8	2,8	2,4	8,8	11,2
100	0-20	0,1	0,9	1,0	0,0	4,1	4,1	2,1	3,9	6,0
	20-40	0,0	0,3	0,3	0,0	5,8	5,8	1,9	5,4	7,3
101	0-20	0,0	1,8	1,8	0,0	3,4	3,4	1,8	2,1	3,8
	20-40	0,2	0,3	0,5	0,0	5,6	5,6	1,9	10,1	12,0
Total	0-20	26,0	26,1	52,1	15,3	59,5	74,7	31,2	65,7	96,9
	20-40	28,7	21,5	50,1	38,4	70,5	108,9	27,0	113,8	140,8
	0-40	54,6	47,6	102,2	53,7	130,0	183,6	58,3	179,5	237,7

O teor de nitratos encontrado nas amostras variou de 0,02 a 4,0 mg kg⁻¹ e de 0,04 a 9,3 mg kg⁻¹, respetivamente nas profundidades 0-20 e 20-40 cm (Quadro 20). Relativamente aos teores de amónio, na 0-20 cm registaram-se variações de 2,8 a 8,6 mg kg⁻¹ enquanto na profundidade 20-40 cm a variação no teor de amónia foi de 2,4 a 7,6 mg kg⁻¹. Os teores de azoto mineral (N) no solo variaram de 3,0 a 9,2 mg kg⁻¹ e de 2,8 a 14,0, nas profundidades 0-20 e 20-40 cm.

A terceira e última colheita de solo foi realizada em 24 de março de 2014. Após análise dos extratos, os resultados mostraram que os teores de nitratos nos solos variaram de 1,5 a 5,4 mg kg⁻¹ na profundidade 0-20 cm e de 1,5 a 2,4 mg kg⁻¹ na profundidade 20-40 cm (Quadro 20). Quanto aos teores de azoto amoniacal nas amostras de solo, os mesmos variaram de 1,4 a 8,1 mg kg⁻¹ e de 4,3 a 11,5 mg kg⁻¹, respetivamente para as profundidades 0-20 e 20-40 cm. Assim, a soma das duas frações de azoto mineral variou de 3,8 a 9,9 mg kg⁻¹ e de 6,2 a 13,2 mg kg⁻¹, respetivamente nas profundidades 0-20 e 20-40 cm.

Genericamente, este estudo revelou teores de azoto mineral no solo muito baixos quando comparados com os que foram obtidos em outros trabalhos (Rodrigues *et al.* 2002; Rodrigues, 2004; Rodrigues *et al.* 2006). Os resultados justificam-se pelo fato dos horticultores não aplicarem fertilizantes azotados de síntese industrial (adubos). Quando se faz apenas fertilização orgânica, a presença de azoto mineral no solo tende a ser baixa, já que depende da mineralização dos substratos orgânicos, que é um processo lento e gradual (Santos, 1996; Rodrigues *et al.* 2006; Beegle *et al.* 2008; Sims and Stehouwer, 2008). Por outro lado, as plantas vão absorvendo o azoto mineral libertado. Nestas condições, os riscos de contaminação ambiental com nitratos lixiviados destes solos é negligenciável.

Parte IV

4-Conclusões

De forma global, os resultados mostraram que, tanto as espécies vegetais de primavera/verão como as de outono/inverno, apresentaram teores de azoto nos tecidos bastante baixos, apenas com raras exceções, o que significa que as estrumeações que os horticultores fazem fornecem pouco azoto para as plantas. Esta situação pode limitar a produtividade dos vegetais mas assegura que não há riscos de contaminação ambiental com nitratos de origem agrícola. Os teores baixos de azoto mineral no solo e as baixas concentrações de nitratos nos tecidos ajudam a suportar a tese anterior. Para os restantes nutrientes, a situação nutricional das culturas apresentou-se de uma maneira geral dentro da gama de concentrações adequadas.

Os teores de metais pesados determinados na matéria seca de alguns vegetais apresentaram concentrações inferiores aos limites legalmente estabelecidos como seguros, não devendo ser preocupação dos horticultores do projeto de hortas urbanas do IPB. Contudo, as folhas foram os tecidos que maior tendência mostraram para acumular metais pesados, parecendo haver pouca remobilização para frutos e outros órgãos de acumulação de reservas. Este aspeto deve ser objeto de atenção em futuros estudos desta natureza.

Quanto as concentrações de azoto mineral nas amostras de solo, foram encontrados teores muito baixos quando comparados com os valores registados em outros agroecossistemas, os teores (baixos) de azoto mineral registados nestes solos estão associados ao tipo de fertilizantes usados para nutrição dos solos (estrumes), que tendem a libertar os nutrientes ao solo de forma gradual deixando o mesmo com concentrações bastante modestas, descartando deste modo a possibilidade de contaminação de recursos hídricos.

5-Referências bibliográficas

- Abdel-Haleem, A., Sroor, A., El-Bahi, S., & Zohny, E. (2001). *Heavy metals and rare earth elements in phosphate fertilizer components using instrumental neutron activation analysis*. Journal of Applied Radiation and Isotopes, vol.55, n.4, p.569-573.
- Abolino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentasti, E., Sarzanini, C., & Barberis, R. (2002). *Distribuição e mobilidade de metais em locais contaminados investigação quimiométrica de perfis de poluentes*. Poluição ambiental, vol.119, p.177-193.
- Afonso, N., & Arrobas, M. (2009). *Contribuição para a Elaboração da Carta de Solos da Cidade de Bragança*. In Qualidade do Ambiente Urbano: Novos Desafios, p. 136-142.
- Agroconsultores & Coba. (1991). *Carta dos solos, carta do uso actual da terra e carta da aptidão da terra do nordeste de portugal*. Lisboa: UTAD.
- Altieri, M.A., Companioni, N., Canizares, K., Murphy, C., Rosset, P., Bourque, M., & Nicholls, C.I. (1999). *O greening dos bairros: a agricultura urbana para a segurança alimentar em Cuba*. (Springer, Ed.) Agricultura e valores humanos, vol.16, p.131-140.
- Aquino, A.M., & Assis, R.L. (2007). *Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia*. Ambiente e sociedade, vol.10, n.1, p.137-150.
- Aranda, V., Ayora-Cañada, M.J., Domínguez-Vidal, A., Martín- García, J.M., Calero, J., Delgado, R., Verdejo, T., & González-Vila, F.J. (2011). *Effect of soil type and management (organic vs. conventional) on soil organic matter quality in olive groves in a semi-arid Environment in Sierra Magina Natural Park (S Spain)*. Geoderma, vol.164, p.54-63.
- Arrobas, M., & Pereira, J.M. (2009). *Fertilização do olival*. In: Rodrigues, M.A., Correia, C.M. (Eds.), Manual da Safra e contra Safra do Olival. IPB, Bragança, Portugal, p. 21–39.

- ATSDR (1991). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Case studies in environmental medicine: nitrate/nitrite toxicity*. ATSDR, vol.16, p.1-23.
- Baker, A.J. (1981). *Accumulators and excluders -strategies in the response of plants to heavy metals*. Journal of Plant Nutrition, vol.3, p. 643-654.
- Beegle, D.B., Kelling, K.A., & Schmitt, M.A. (2008). *Nitrogen from animal manures*. In: Schepers, J.S., Raun, W.R. (Eds.), *Nitrogen in Agricultural Systems*. Agronomy Monograph n°49. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA, p. 823–881.
- Boink, A., & Speijers, G. (2001). *Health effects of nitrates and nitrites, a review*. Acta Horticulturae (ISHS), vol. 563, p. 29-36.
- Blanc, D., Mars, S., & Otto, C. (1979). *The effects of some exogenous and endogenous factors on the accumulation of nitrate ions by carrot root*. Acta Horticulturae (ISHS), vol. 93, p. 173-186.
- Bremner, J.M. (1996). *Nitrogen-Total*. In *Methods of Soil Analysis. Part 3 Methods*. SSSA Book series: 5.
- Castro, J., Fernández-Ondoño, E., Rodríguez, C., Lallena, A.M., Sierra, M., & Aguilar, J. (2008). *Effects of different olive-grove management systems on the organic carbon and nitrogen content of the soil in Jaén (Spain)*. Soil Till Res 98, p. 56-67.
- Cantliffe, D. (1973). *Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen, phosphorous, and potassium nutrition and light intensity*. Agronomy Journal, vol.65, n. 4, p. 563-565.
- Clescerl, L., Greenberg, A.E., & Eaton, A.D. (1998). *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)* (20 ed.). APHA, AWWA, WEF.
- Cribb, S.L., & Cribb, A.Y. (2009). *Agricultura urbana: alternativa para aliviar a fome e para a educação ambiental*. In: 47° Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre. p. 1-14.
- CE (2006). Comissão Europeia. *Regulamento (CE) n° 1881/2006 da Comissão Europeia que fixa os teores máximos de certos contaminantes presentes nos géneros alimentícios*, p. 5-24.

- Comasseto, B.H., Solalinde, G.P., Souza, J.V., Trevisan, M., Abdala, P.R., & Rossi, C.A. (2013). *Nostalgia, anti consumo simbólico e bem-estar: a agricultura urbana*. *Revista de Administração de Empresas*, vol.53, nº 4, p. 364-375.
- Delunardo, T.A. (2010). *A agrobiodiversidade em quintais urbanos de Rio Branco, Acre*. Acre.Tese de Mestrado. Acre, Brasil, 103 p.
- Drescher, A.W. Jacobi, P., & Amend, J. (2000). *Segurança Alimentar Urbana, agricultura urbana, uma resposta à crise?* *Revista de Agricultura Urbana* nº 1.
- EC (2002). European Commission. Commission Regulation (EC) No 563/2002 of 2 April 2002 amending Regulation (EC) No 466/2001 *setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs*. *Official J Eur Commun* **L86**:5–6.
- EC (2004). European Commission. Commission Regulation (EC) No. 655/2004 of 7 April 2004 amending Regulation (EC) No 466/2001. *As regards nitrate in foods for infants and young children*. *Official J Eur Commun* **L104**:48–49.
- EFSA (2008). European Food Safety Authority. *Nitrates in vegetables*. The EFSA Journal, vol.689, p. 1-79.
- FAO (1996). *Urban agriculture: an oximoron?* In: The state of food and agriculture 1996 (Roma: FAO), p. 43-57.
- FAO (1999). Food and Agriculture Organization of United States. *Agriculture and Consumer Protection Department*. *Revista Enfoques*.
- FAO (2002). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. *Los fertilizantes e su uso*. 4ª Edición. Roma.
- FAO (2010). Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, *Perspetivas Económicas e Sociais- Informes de Política* Nº 10.
- Fall, S.T., & Fall, A.S. (2001). *Cités horticoles en suris? L'agriculture urbaine dans les grandes Niayes au Senegal*. Ottawa, Canada. 138 p.
- Gardner, B.R., & Jones, J.P. (1975). *Petiole analysis and the nitrogen fertilization of Russet Burbank potatoes*. *Am. Potato J.* vol.52, p. 195-200.

Google Earth. Disponível em www.earth.google.com.

Guilherme, L.R.G., & Marchi, G. (2007). *Os Metais Pesados no Solo*, DBO Agrotecnologia, Minas Gerais, p. 20-21.

Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., & Nelson, W.L. (2005). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*, 7th ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 515 p.

Iretskaya, S.N., & Chien, S.H. (1999). *Comparison of cadmium uptake by five different food grain crops grown on three soils of varying pH*. Soil Science and Plant Analysis, vol.30, p. 441-448.

Jones, J.J. (2001). *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. London, New York, Washington, DC: CRC Press, Boca Raton.

Khan, A., Javid, S., Muhmood, A., Mjeed, T., Niaz, A., & Majeed, A. (2013). *Heavy metal status of soil and vegetables grown on peri-urban area of Lahore district*. Soil Environ. Vol.32, p. 49-54.

Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2001). *Trace Elements in Soils and Plants* (3^a ed.). Boca Raton: CRC.

Lakanen, E., & Ervio, R. (1971). *A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils*. Acta Agr. Fenn(123), p. 223-232.

Lara, A.C., & Almeida, D. (2008). *Agricultura urbana: Belo Horizonte cultivando o futuro*. Belo Horizonte. 36 p.

LQARS (2006). *Manual de Fertilização de Culturas*. INIAP, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. Lisboa, Portugal.

Marques, J.J., Schulze, D.G., & Curi, N. (2002). *Trace elements in Cerrado soils*. Tópicos em Ciências do Solo. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, vol 3, p. 103-132.

MAP (1977). Ministério de Agricultura e Pescas. Laboratório de Química Agrícola "Rebelo da Silva" *Sector de Fertilidade de solo: Documentação 2. Série Divulgação*. Lisboa, Portugal: DGSA.

- Martins, R.J. (2004). *Acumulação e Libertação de Metais*. Tese de Doutoramento. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Portugal, 587 p.
- Maynard, D., & Barker, A. (1979). *Regulation nitrate accumulation in vegetables*. Acta Horticulturae (ISHS), vol.93, p. 153-162.
- Maia, C.E. (2012). *Época de Amostragem Foliar para Diagnóstico*. Universidade Federal Rural do Semi-arido. Revista Brasileira de ciências do solo. vol. 36, nº 3, p. 859-864.
- Magalhães, P.C. (2009). *Gestão de fertilizantes de libertação gradual de nutrientes em relvados municipais*. Tese de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 32 p.
- Marschner, H. (1986). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London, 674 p.
- MADRP (1997). Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. *Código das Boas Práticas Agrícolas*.
- Militao, C.M. (2004). *Estudo do ciclo do azoto, uma aplicação para o ensino*. Tese de Mestrado. Universidade do Porto, Portugal, 52 p.
- Mills, H.A., & Jones, J.B. (1996). *Plant Analysis Handbook II*. MicroMacro publishing, Athens, GA, p. 422p.
- Mougeot, L.J. (2005). *Agropolis: The social, political and environmental dimension of urban agriculture*. London. Agropolis.
- Muramoto, J. (1999). *Comparison of Nitrate Content in Leafy Vegetables from Organic and Conventional Farms in California*. University of California, Santa Cruz. 64 p.
- Nali, C., Crocicchi, L., & Lorenzini, G. (2003). *Plants as Indicators of Urban Air Pollution (Ozone and Trace Elements), in Pisa, Italy*, Pisa, 10 p.
- Navarro-Aviñó, J.P., Alonso, I.A., & López-Moya, J.R. (2007). *Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas*. Revista Científica e Técnica de Ecología y Medio Ambiente, vol.16, p. 10-25.

- Paula, M., Rodrigues, M., Dias, L., & Margarida, A. (2009). *Utilização de adubos de libertação lenta em relvados. Matéria seca produzida, azoto exportado e dinâmica de vegetação*. In Encontro anual sociedade Portuguesa Ciência do Solo. Faro, Portugal, p. 92.
- Paul, E.A., & Clark, F.E. (1996). *Soil Biology and Biochemistry*, 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA.
- Prasad, S., & Chetty, A.A. (2008). *Determinação de nitrato em vegetais de folhas: Estudo dos efeitos do cozimento e congelamento*. Escola de Ciências Químicas, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade do Pacífico Sul, Suva, Fiji.
- Powlson, D.S., 1993. *Understanding the soil nitrogen cycle*. Soil Use Manag. 9 (3), p. 86–94.
- Pinto, R. (2007). *Hortas Urbanas: Espaços para o Desenvolvimento Sustentável de Braga*. Tese de Mestrado. Universidade do Minho, Portugal, 241 p.
- Porro, D., Stefanini, M., Failla, O., & Stringari, G., (1995). *Optimal leaf sampling time for diagnosis of grapevine nutritional status*. Acta Hort. 383, p. 135–142.
- REGULAMENTO (UE) N. 420/2011 DA COMISSÃO de 29 de Abril de 2011.
- Ribeiro, S.M. (2013). *Agricultura urbana agroecologia sob o olhar da promoção da saúde: A experiência do projeto colhendo sustentabilidade*. Tese de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 237 p.
- Roberts, S., Weaver, W.H., & Phelps, J. (1982). *Effect of rate and time of fertilization on nitrogen and yield of Russet Burbank potatoes under center pivot irrigation*. American Potato Journal, vol.59, n.2, p. 77-86.
- Rodrigues, M.A. (1997). *Análise de plantas; potencialidades e limitações*. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária. Serie Seminarios nº 5, 17 p.
- Rodrigues, M.A., (2004). *An in situ incubation technique to measure the contribution of organic nitrogen to potatoes*. Agronomie, vol.24, p. 249–256.
- Rodrigues, M.A., & Coutinho, J., Martins, F. (2002). *Efficacy and limitations of triticale as nitrogen catch crop in a Mediterranean environment*. European Journal of Agronomy, 17/3, p. 155-160.

- Rodrigues, M.A., & Coutinho, J.F. (2000). *Eficiência de utilização do azoto pelas planta*. Instituto Politecnico de Bragança, Series Estudos nº 47, 43 p.
- Rodrigues, M.A. (2000). *Gestão do azoto na cultura da batata: estabelecimento de indicadores do estado nutritivo das plantas e da disponibilidade de azoto no solo*. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os montes e Alto Douro Vila Real, Portugal. 329 p.
- Rodrigues, M.A. (2006). *Utilização de fertilizantes e qualidade de produtos vegetais: o problema dos nitratos*. Instituto Politecnico de Bragança, Escola Superior Agrária, p. 17-22.
- Rodrigues, M.A., Pereira, A., Cabanas, J.E., Dias, L., Pires, J., & Arrobas, M. (2006). Cropsuse-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. Eur. J.Agron. 25, p. 328–335.
- Rodrigues, M.A., Coutinho, J., & Martins, F. (2001). *Efeito do fraccionamento da fertilização azotada na cultura da batata*. In Actas do IV Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas. Cáceres, p. 1757-1674.
- Rodrigues, M.A., Arrobas, M., & Bonifacio, N. (2005). *Análise de terras em olivais de sequeiro. o efeito da aplicação localizada de fertilizantes*. Revista de Ciências Agrarias, vol XXVIII, nº 2, p 168-176.
- Rodrigues, M.A., Coutinho, J., Martins, J., & Arrobas, M. (2005). *Quantitative sidedress nitrogen recommendations for potatoes based upon crop nutritional indices*. European Journal of Agronomy 23/1: p. 79-88.
- Rodrigues, M.A, & Arrobas, M. (2011). *Gestão da fertilização azotada em agroecossistemas*. In workshop Agroecologia e desenvolvimento sustentável. Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal, p. 89-103.
- Rodrigues, M.A., Peixinho D., Nobre S., Oliveira P., & Arrobas M. (2013). *Boas práticas agrogeológicas em horticultura urbana*. In VII Congreso Iberico de Agroingenieria y Ciencias Hortícolas. Madrid.
- Rosa, A.P. (2008). *Trocas gasosas entre o solo e a atmosfera ao longo de um gradiente de carbono e azoto: a importancia do conteúdo hidrico*. Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa, Portugal, 29 p.

- Rozane, D.E., Romualdo, L.M., Centurion, J.F., & Barbosa, J.C. (2011). *Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo*. Revista de Ciências Agrárias, vol.32, p. 111-118.
- Santos, J.Q. (1983). *Fertilizantes fundamentos e aspectos da sua utilização*. (F. L. Castro, Ed.) Portugal: Europa-America.
- Santos, J.Q. (1995). *Fertilização e poluição-Reciclagem agro-florestal de resíduos orgânicos*. (J. Q. Santos, Ed.) Lisboa, Portugal: Europa-America.
- Santos, J.Q. (1996). *Fertilização, fundamentos da utilização dos adubos e correctivos* (2ª Edição ed.). (F. d. Castro, Ed.) Mira Sintra, Portugal: Europa America.
- Santos, J.Q. (2001). *Fertilização e Ambiente*. (pp. 15-17). Publicações Europa-America.
- Santos, J.Q. (1996). *Fertilização, fundamentos da utilização dos adubos e correctivos* (2ª Edição ed.). (F. d. Castro, Ed.) Mira Sintra, Portugal: Europa America.
- Saraiva, R.A. (2011). *As hortas urbanas na reconfiguração física, social e ambiental de Oeiras*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova Lisboa, Portugal, 102 p.
- Santamaria, P. (2006). *Nitrato em vegetais: a toxicidade, o conteúdo, o consumo e regulação CE*. Journal of the Science of Food and Agriculture , vol 86, p. 10-17.
- Sequeira, E.M., & Silva, A.R. (1992). *Ecology of serpentinezed areas of north-east Portugal*. In: B.A.Roberts and J. Proctor (eds). *The Ecology of Areas with Serpentinezed Rocks. A world view*. p. 169-197. Kluwer Academic Publishers.
- Shaid, A., & Iqbal, M. (2006). *Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications*. A review. Agronomy for Sustainable Development, vol.27, p. 47-57.
- Shao-ting, D., Yong-song, Z., & Xiang-yong, L. (2007). *Accumulation of Nitrate in Vegetables and Its Possible Implications to Human*. Science Direct, vol. 6, p. 1246-1255.
- Schnitzler, W.H., Potutan, G.E., Arnado, J.M., Janubas, L.G., & Holmer, R.J. (2000). *Urban agriculture in Cagayan de Oro: a favorable response of city Government and NGOS*. p. 413-428.

- Silva, M.C. (2009). *Papel dos ácidos húmicos na mineralização do azoto em solos florestais*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro, Portugal 73 p.
- Silva, M.L., Vitti, G.C., & Trevizam, A.R. (2007). *Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol.42, p. 527-535.
- Sims, J.T. (1996). *Lime requirement*. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 3 – Chemical Methods. SSSA Book Series:5. p. 491-515.
- Sims, J.T., & Stehouwer, R.C. (2008). *Recycling of nitrogen through land application of agricultural, municipal, and industrial by-products*. In: Schepers, J.S., Raun, W.R.(Eds.), *Nitrogen in Agricultural Systems*. Agronomy Monograph nº49, p. 759–821.
- Singh, J.P. (1993). *Tissue analysis technology for nitrogen fertilization of potato grown under subtropics short day conditions*. Fert. Res. Vol 36, p. 19-27.
- Smil, V. (2001). *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production*. Massachusetts Institute of Technology, Massachusettes,USA, p. 338.
- Smith, P.F. (1962). *Mineral analysis of plant tissues*. Ann. Rev. Plant Physiol. 13: p. 81-108.
- Simeoni, L.A., Brabarick, K.A., & Sabey, B. (1984). *Effect of a small-scale composting of sewage ludge on heavy metal availability to plants*. Journal Environmental Quality, vol.13, p. 264-268.
- Smit, J. (2005) *Agricultura urbana e biodiversidade, Urbanização e redução da Biodiversidade*. Revista de Agricultura Urbana nº 1.
- Shaviv, A. (2000). *Advances in Controlled Release of Fertilizers*. “ Advances in Agronomy, vol.71, p. 1-49.
- Thompson, L.M., & R.Troeh, F. (1980). *Los suelos e su fertility* (4ª Edição ed.). Barcelona, Espanha: Editorial Reverté.
- Tisdale, S.L., & Nelson, W.L. (1977). *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Barcelona: Montaner y Simon, S.A.

- Van Reeuwijk, L.P. (2002). *Procedures for soil analysis. Technical Paper 9* (Sixth ed.). ISRIC, FAO of the United Nations.
- Varenes, A. (2003). *Produtividade dos solos e ambiente*. Escolar editora.
- Virga, R.H., Geraldo, L.P., & Santos, F.H. (2007). *Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de solos azuis*. *Ciencia e Tecnologia Alimentar*, vol.27, p. 779-785.
- Wei, B., & Yang, L. (2010). *A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China*. *Microchemical Journal*, vol.94, p. 99-107.
- Zeeuw, H.D. (2004). *The development of urban agriculture; some lessons learnt*. Urban agriculture agro-tourism and city region development, p. 3-4, Beijing.