



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**Influência do substrato no crescimento de
espinafre (*Spinacia oleracea* L.)**

Carina de Nóbrega Barcelos

Orientação: Professor Doutor Rui Manuel de
Almeida Machado

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

Évora, 2015



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**Influência do substrato no crescimento de
espinafre (*Spinacia oleracea* L.)**

Carina de Nóbrega Barcelos

Orientação: Professor Doutor Rui Manuel de
Almeida Machado

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

Évora, 2015

**“Nunca se esqueçam...
(...) o sonho comanda a vida,
sempre que um homem sonha,
o mundo pula e avança...”**

António Gedeão, Pedra Filosofal

Agradecimentos

Agradeço à Universidade de Évora e a todos os professores que fizeram parte do meu percurso académico, em especial ao Professor Doutor Rui Manuel de Almeida Machado, pelo auxílio e disponibilidade na orientação dos ensaios e da escrita da dissertação.

À Professora Doutora Isabel Alves Pereira pela disponibilidade e auxílio na realização das análises químicas no Laboratório de Química.

Ao Professor Doutor José Manuel Martins, por disponibilizar as câmaras de ultracongelamento para conservar as amostras.

À D. Luiseta Palma e D. Maria das Dores, por todo o apoio no Laboratório de Física do Solo da Mitra.

A todos os colegas de curso pelo incentivo que me deram, em especial Ana Poeiras, Joana Silva, Susana Santos, Camila Tufik, Tiago Campos e Ricardo Santos, pela ajuda em alguns trabalhos no decorrer dos ensaios.

Aos meus pais e irmãos por estarem sempre presentes e me apoiarem em todos os momentos, em particular à minha irmã Rubina Barcelos pela ajuda na escrita da dissertação.

Ao meu namorado, João Janeiro, pela paciência e por ter estado sempre a meu lado.

Aos meus primos Gina Carvalho e Sérgio Morgado por tudo o que fizeram por mim desde que vim estudar para Évora.

Às minhas amigas Cristina Barcelos, Silvana Sousa, Carina Mendonça, Carina Faria, Andreia Pinto, Cláudia Vinagre, Eva Pedro e Vera Santos pela amizade, por todos os momentos que sempre proporcionaram e por acreditarem em mim.

A todo o pessoal do INIAV - Elvas do setor das leguminosas grão que sempre me incentivou e apoiou na escrita da dissertação.

Resumo

O efeito de três substratos comerciais (Universal Agriloja, Torfkultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor e Fibra de coco Pelemix españa S.L.) no crescimento de espinafre, em estufa, no final do Inverno e início da Primavera, foi avaliado num ensaio delineado em blocos casualizados com cinco repetições por tratamento. Transplantaram-se plantas de *Spinacia oleracea* L. cv. Tapir 45 dias após a emergência para caixas de esferovite preenchidas com cada substrato e regadas diariamente com uma solução nutritiva, desde a transplantação até à colheita. O peso seco da parte aérea não foi afetado pelo tipo de substrato e variou entre 1,28 e 1,71 g/planta com valor mais elevado no substrato “Hawita-Flor”. A produção comercial foi significativamente maior no substrato “Hawita-Flor” (4,51 kg/m²) que no substrato “Universal Agriloja” (3,96 kg/m²) e fibra de coco (3,88 kg/m²). O tipo de substrato não afetou o teor de nitrato das folhas, variando entre 3,63 e 4,57 mg/g de peso fresco.

Palavras-chave: Espinafre; produção; biomassa da parte aérea; substrato; azoto; nitrato.

Effects of substrate type on growth of spinach (*Spinacia oleracea* L.)

Abstract

The effect of three commercial substrates (Universal Agriloja, Torfkultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor and Coir Pelemix españa S.L.) on growth of spinach was evaluated in an experiment carried out in a greenhouse during the ending of the winter and the beginning of the spring season arranged in a completely randomized block design with five replicates per treatment. *Spinacia oleracea* L. cv. Tapir seedlings were transplanted at 45 days after emergence, to styro-foam boxes filled with each substrate and irrigated daily with nutrient solution, from transplanting to harvesting. Shoot dry weight was not affected by substrate type and ranged from 1.28 to 1.71 g/plant with the highest value in substrate "Hawita-Flor". Yield (shoot fresh weight) was significantly higher in substrate "Hawita-Flor" (4.51 kg/m²) than in "Universal Agriloja" (3.96 kg/m²) and coir (3.88 kg/m²). Substrate type did not affect leaf nitrate content that ranged from 3.63 and 4.57 mg/g of fresh weight.

Keywords: Spinach; yield; shoot biomass; substrate; nitrogen; nitrate.

Índice

Resumo	v
Abstract	vii
Índice de figuras.....	xi
Índice de tabelas.....	xiii
Índice de anexos.....	xv
Lista de abreviaturas	xix
1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica	3
2.1. A cultura do espinafre.....	3
2.1.1. Origem, história e panorama atual	3
2.1.2. Enquadramento taxonómico e caracterização botânica	5
2.1.3. Exigências climáticas	7
2.1.4. Composição nutricional e efeitos na saúde	8
2.2. Nitrato.....	11
2.2.1. Fatores responsáveis pela acumulação de nitrato	14
2.2.1.1. Fisiológicos	14
2.2.1.2. Ambientais	15
2.2.1.3. Nutricionais.....	16
2.3. Medidor portátil de clorofila spad-502.....	19
2.4. Métodos de produção	21
2.4.1. Cultura sem solo.....	21
2.4.1.1. Cultura em substrato.....	23
2.4.1.1.1. Turfa	26
2.4.1.1.2. Fibra de coco	27
3. Material e métodos.....	31
3.1. Tratamentos e delineamento estatístico.....	31
3.2. Instalação e condução do ensaio.....	32
3.3. Parâmetros medidos.....	37

4. Resultados e discussão.....	41
4.1. Características dos substratos	41
4.2. Características da água drenada.....	41
4.2.1. pH.....	41
4.2.2. Condutividade elétrica.....	42
4.2.3. Teor em nitrato	43
4.3. Crescimento da planta	45
4.3.1. Peso fresco e seco.....	45
4.3.2. Produção.....	47
4.4. Concentração de azoto e nitrato nas folhas	47
4.4.1. Concentração de azoto	47
4.4.2. Concentração de nitrato.....	49
4.4.3. Leitura SPAD	52
5. Conclusão.....	53
6. Referências bibliográficas.....	55
Anexos	65

Índice de figuras

Figura 1 - Centros de origem do espinafre: 1 - Irão; 2 - Cáucaso; 3 – Afeganistão.....	3
Figura 2 - Superfície e produção de espinafre em 2011, 2012 e 2013 em Portugal.....	4
Figura 5 – Aspeto da parte aérea do espinafre e morfologia da folha.	5
Figura 3 - Verdadeiro espinafre.....	5
Figura 4 - Espinafre da Nova Zelândia.....	5
Figura 6 – Aspeto dos tipos de espinafre: Savoy (A), Folha lisa (B) e Baby (C).	7
Figura 7 – Esquema representativo do processo de acumulação, redução e assimilação de nitrato.	13
Figura 8 – Esquema representativo das diferentes classificações dos substratos.....	24
Figura 9 – Disposição experimental do ensaio.....	31
Figura 10 – Caixa de esferovite (A) e placa de esferovite com furos (B).	33
Figura 11 – Caixas de esferovite com os substratos em estudo (I - Substrato Universal Agriloja; II - Torfkultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor; e III - Fibra de coco Pelemix españa S.L).	33
Figura 12 – Anel em PVC e rede (A) e preenchidos com diferentes substratos (B).	34
Figura 13 – Tufo com raiz protegida.	34
Figura 14 - Disposição das plantas e dos microtubos de rega.	34
Figura 15 – Radiação solar durante o período experimental.	36
Figura 16 – Aspeto do ensaio após a implantação da cultura e instalação do sistema de rega.	37
Figura 17 – Aspeto das plantas na altura da colheita.	37
Figura 18 - Minolta SPAD-502.	37
Figura 19 – Aspeto da matéria seca das folhas antes de macerar.....	38
Figura 20 – Aspeto da matéria seca das folhas antes (A) e depois de macerada (B).	38
Figura 21 – Aspeto da matéria seca dos pecíolos antes (A) e depois de macerada (B).	39
Figura 22 – Aspeto da matéria seca dos limbos antes (A) e depois de macerada (B).	39
Figura 23 - Curva de calibração utilizada na medição do teor de nitrato. As barras de erro representam uma percentagem de erro de 5%.....	40
Figura 24 - pH da água drenada aos 6, 21, 24, 28, 31 e 35 DAP nos três substratos. As barras verticais representam o erro padrão da média.....	42

Figura 25 - Condutividade elétrica da água drenada aos 6, 21, 24, 28, 31 e 35 DAP nos três substratos. As barras verticais representam o erro padrão da média.	43
Figura 26 - Teor em nitrato da água drenada aos 6, 21, 24, 28, 31 e 35 DAP nos três substratos. As barras verticais representam o erro padrão da média.	44
Figura 27 - Efeito dos tratamentos no peso fresco e seco por tufo (g/tufo). As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.	45
Figura 28 - Efeito dos tratamentos no peso fresco e seco por planta (g/planta). As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.	46
Figura 29 - Efeito dos tratamentos na percentagem de matéria seca. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.	46
Figura 30 - Efeito dos tratamentos na produção de espinafre (kg/m ²). As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.	47
Figura 31 – Aspeto das plantas antes da colheita.	48
Figura 32 - Efeito dos tratamentos na percentagem de N na matéria seca. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.	49
Figura 33 - Efeito dos tratamentos na concentração de nitrato em pecíolos e limbos (mg/g de peso seco). As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.	50
Figura 34 – Efeitos dos tratamentos na concentração de nitrato em folhas, em mg/g de peso fresco. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.	51
Figura 35 - Efeito dos tratamentos na leitura SPAD aos 24 e 36DAP. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.	52

Índice de tabelas

Tabela 1 – Composição média do espinafre. Valores expressos por 100g de matéria fresca.	8
Tabela 2 – Principais características físicas e químicas dos quatro tipos de turfa (Adaptado de Raviv <i>et al.</i> , 2002).	27
Tabela 3 – Propriedades físicas, físico-químicas e químicas de treze amostras de fibra de coco comparadas com uma turfa <i>Sphagnum</i> (Adaptado de Soria & Olivert, 2002).	29
Tabela 4 - Características dos substratos comerciais.....	32
Tabela 5 – Características das soluções nutritivas utilizadas.	35
Tabela 6 - Massa húmida, teor de humidade e densidade aparente dos substratos (média \pm erro-padrão).	41

Índice de anexos

Anexo 1 - Superfície (ha) e produção (t) de espinafre nos 25 maiores produtores (FAOSTAT, 2012).....	65
Anexo 2 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à massa húmida dos substratos.	66
Anexo 3 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de humidade dos substratos.	67
Anexo 4 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à densidade aparente dos substratos.....	68
Anexo 5 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao pH 6 DAP da água drenada.	70
Anexo 6 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao pH 21 DAP da água drenada.	71
Anexo 7 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao pH 24 DAP da água drenada.	72
Anexo 8 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao pH 28 DAP da água drenada.	74
Anexo 9 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao pH 31 DAP da água drenada.	75
Anexo 10 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao pH 35 DAP da água drenada.	76
Anexo 11 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à CE 6 DAP da água drenada.	77
Anexo 12 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à CE 21 DAP da água drenada.	78
Anexo 13 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à CE 24 DAP da água drenada.	80
Anexo 14 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à CE 28 DAP da água drenada.	81
Anexo 15 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à CE 31 DAP da água drenada.	82

Anexo 16 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à CE 35 DAP da água drenada.	83
Anexo 17 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao teor de NO_3^- 6 DAP da água drenada.	84
Anexo 18 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de NO_3^- 21 DAP da água drenada.	85
Anexo 19 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao teor de NO_3^- 24 DAP da água drenada.	87
Anexo 20 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de NO_3^- 28 DAP da água drenada.	88
Anexo 21 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de NO_3^- 31 DAP da água drenada.	89
Anexo 22 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de NO_3^- 35 DAP da água drenada.	90
Anexo 23 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao peso fresco por tufo de espinafre.	92
Anexo 24 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao peso seco por tufo de espinafre.	93
Anexo 25 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao peso fresco por planta de espinafre.	94
Anexo 26 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao peso seco por tufo de espinafre.	95
Anexo 27 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à percentagem de matéria seca de espinafre.	96
Anexo 28 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à produção de espinafre.	97
Anexo 29 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à percentagem de N na matéria seca de espinafre.	98

Anexo 30 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao teor de nitrato em pecíolos de espinafre.	100
Anexo 31 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao teor de nitrato em limbos de espinafre.....	101
Anexo 32 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao teor de nitrato em pecíolos e limbos de espinafre.....	102
Anexo 33 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à leitura SPAD aos 24 DAP em folhas de espinafre.....	103
Anexo 34 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à leitura SPAD aos 36 DAP em folhas de espinafre.....	105
Anexo 35 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à leitura SPAD aos 24 e 36 DAP em folhas de espinafre.	106

Lista de abreviaturas

A/D	Analógico/Digital
C/N	Carbono/Azoto
CE	Condutividade Elétrica
CSS	Cultura Sem Solo
CTC	Capacidade de Troca Catiónica
DAP	Dias Após Plantação
DRR	Dose Diária Recomendada
GOGAT	Glutamato Sintetase
GS	Glutamina Sintetase
mtHb	Metaemoglobina
N	Azoto
NH ₄ ⁺	Ião Amónio
NIR	Nitrito Redutase
NO ₂ ⁻	Ião Nitrito
NO ₃ ⁻	Ião Nitrato
NR	Nitrato Redutase
OxyHb	Oxihemoglobina
PVC	Policloreto de Polivinila
RS	Radiação Solar
SPAD	<i>“Soil Plant Analysis Development”</i>
UE	União Europeia

1. Introdução

A tecnologia está em constante evolução e a agricultura, acompanhando-a, tem substituído cada vez mais a produção convencional pela cultura sem solo (CSS: hidroponia, cultura em substrato e aeroponia), principalmente de hortícolas e ornamentais (Sáez, 1999). Nos últimos anos, o cultivo de vegetais de folhas (“*leafy vegetables*”) em CSS, nomeadamente em substrato, tem vindo a aumentar em Portugal devido às vantagens que este método de produção apresenta, nomeadamente ao nível da redução do controlo de doenças e do aumento da produção e da qualidade. Estas vantagens devem-se, não só mas também, ao facto dos substratos serem capazes de fornecer, simultaneamente, níveis suficientes de oxigénio e água às raízes, o que torna este sistema mais adequado à produção da maior parte das culturas hortícolas do que os solos (Raviv *et al.*, 2002). A CSS não é uma solução universal, mas, em algumas situações, é a opção mais interessante do ponto de vista económico e ambiental, permitindo o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (Reis, 2003) e a produção da cultura ao longo do ano.

Os vegetais de folhas, como o espinafre, acumulam nitrato em concentração prejudicial para a saúde (Rodrigues, 2006), principalmente quando produzidos em CSS e são a maior e mais importante fonte de nitrato na dieta (Conesa *et al.*, 2009). Assim, a concentração deste nas folhas é um dos principais fatores de qualidade e de segurança alimentar (Rodrigues, 2006).

O principal objetivo deste trabalho foi estudar a influência de três substratos comerciais no crescimento de espinafre em estufa durante o final do Inverno e início da Primavera e na concentração de nitrato nas folhas. Para o efeito foi realizado um ensaio com três tratamentos (três substratos comerciais, I - Substrato Universal Agriloja; II - Torfkultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor; e III - Fibra de coco Pelemix espanya S.L), delineado em blocos casualizados com cinco repetições. Para avaliar a influência dos tratamentos no crescimento e na concentração de nitrato em folhas de espinafre, ao longo do período experimental, mediu-se o pH, a condutividade elétrica e o teor de nitrato na água drenada e realizaram-se leituras SPAD aos 24 e 36 DAP; a produção comercial e de biomassa, a concentração total de azoto e de nitrato nas folhas.

2. Revisão bibliográfica

2.1. A cultura do espinafre

2.1.1. Origem, história e panorama atual

O nome espinafre (“spinach” em inglês, “épinard” em francês, “spinat” em alemão e “espinaca” em espanhol) teve origem no árabe, “esbanach”, “sébanach” (APRIFEL, 1994), “aspanach” ou “isfinag” (Ena, 2008). A planta é originária do Irão, do Cáucaso e do Afeganistão (APRIFEL, 1994; Almeida, 2006) (Figura 1).



Figura 1 - Centros de origem do espinafre: 1 - Irão; 2 - Cáucaso; 3 – Afeganistão.

Fonte: Geoinsino, 2011

O espinafre chegou à China no século VII como oferenda do rei do Nepal (Bolivar, 2014), sendo reconhecido pelos comerciantes chineses e indianos como o “vegetal persa” (Avsar, 2011).

Na Europa, os povos da Península Ibérica foram os primeiros a conhecê-lo e a cultivá-lo. Pensa-se que foi introduzido pelos árabes no Norte de África e na Península Ibérica durante a sua invasão no século XI (Gardé & Gardé, 1988; Almeida, 2006;

Bolivar, 2014). Só mais tarde, graças às cruzadas, no século XV, se disseminou por grande parte da Europa (Gardé & Gardé, 1988; APRIFEL, 1994). Em Inglaterra ficou conhecido como o “vegetal espanhol” (Avsar, 2011; Bolivar, 2014) e em França como “*d’herbe de carême*” (APRIFEL, 1994). Nestes locais era muito consumido por aparecer no início da Primavera, altura em que outros vegetais eram escassos (Avsar, 2011).

Os conquistadores espanhóis levaram-no para a América, chegando aos Estados Unidos da América no século XVII através de missionários espanhóis, adaptando-se bem ao Texas e à Califórnia (Ena, 2008).

Na década de 1920 e 1930 o consumo de espinafre aumentou cerca de 30% graças à grande promoção mundial efetuada pelo desenho animado “Popeye, o marinheiro” de D.M. Fleischer, que quando comia espinafre ficava muito mais forte e confiante, podendo vencer qualquer desafio (Sutton, 2010).

Os maiores produtores mundiais de espinafre atualmente são a China, e os Estados Unidos da América, ocupando Portugal o 22º lugar (FAOSTAT, 2012) (Anexo 1). Em Portugal, de acordo com o INE, entre 2011 e 2013 a superfície e a produção de espinafre variaram respetivamente entre 550 e 744 ha e 7885 e 9374 t (Figura 2).

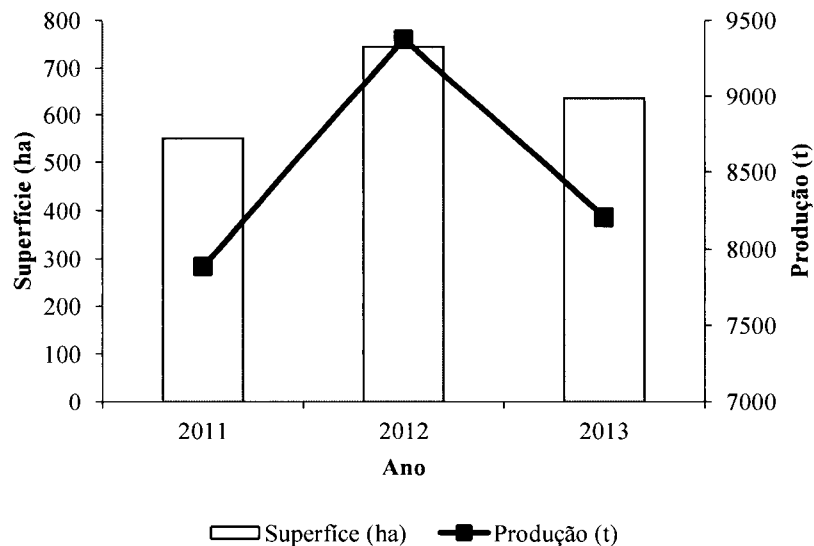


Figura 2 - Superfície e produção de espinafre em 2011, 2012 e 2013 em Portugal.

Fonte: INE, 2011-2013.

2.1.2. Enquadramento taxonómico e caracterização botânica

O espinafre pertence à espécie *Spinacia oleracea* L. da família *Chenopodiaceae* (Figura 3), o qual não se deve confundir com o espinafre da Nova Zelândia que pertence à espécie *Tetragonia tetragonioides* (Pall.) Kuntze da família *Aizoaceae* (Figura 4).



Figura 3 - Verdadeiro espinafre.



Figura 4 - Espinafre da Nova Zelândia

Fonte: Fruits and Vegetables, 2012.

O espinafre é uma planta herbácea anual, ereta e glabra (Gelin *et al.*, 2003) com sistema radical apumado, pouco ramificado e superficial (Almeida, 2006).

O caule é ereto com 30 – 60 cm de altura, redondo, suave, canelado, suculento, por vezes avermelhado (Subhash *et al.*, 2010). As folhas são constituídas por três partes: limbo, pecíolo e base da folha (Figura 5B).

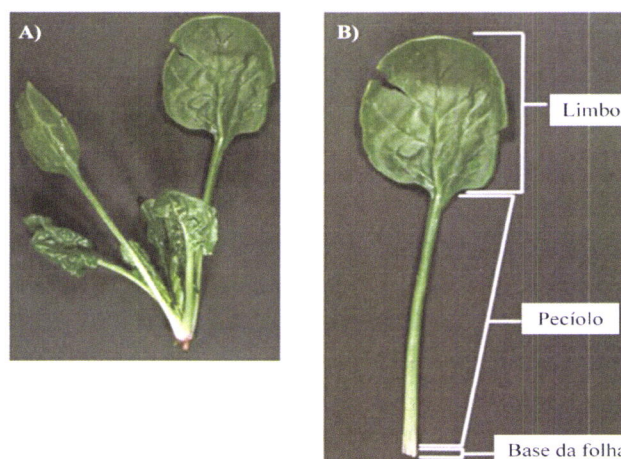


Figura 5 – Aspeto da parte aérea do espinafre e morfologia da folha.

Adaptado de: Hufford, s.d.

As folhas são alternas e possuem uma cor verde-escura (Zumel, 2013). O limbo tem uma forma mais ou menos sagitada, triangular-ovada ou triangular acuminada (Doñate, 2013), é ligeiramente succulento e com margem inteira ou lobada-serrada (Gelin *et al.*, 2003). O tamanho das folhas pode variar de 2 - 30 cm em comprimento e de 1 – 15 cm em largura, situando-se as maiores na base da planta e as menores maioritariamente na haste de floração (Avsar, 2011). Nas folhas completamente expandidas o comprimento dos pecíolos é semelhante ao do limbo, mas diminui progressivamente das folhas mais velhas para as mais jovens; a superfície do limbo pode ser lisa ou apresentar rugosidades bolbosas semelhantes às da couve-lombarda (Almeida, 2006). O momento ideal para colheita é no estágio de desenvolvimento, em que as folhas se dispõem em roseta (Figura 5A) com uma altura de 15 a 25 cm (Gardé & Gardé, 1988). A duração desta fase depende de fatores ambientais como a temperatura, a radiação e o fotoperíodo (Zumel, 2013).

O espinafre é geralmente uma planta dióica, embora existam cultivares monóicas (Gardé & Gardé, 1988). As flores são geralmente amarelo-verde e possuem 3 – 4 mm de diâmetro (Avsar, 2011). O pólen é muito fino e a polinização é anemófila (Navazio & Colley, 2007). A haste floral pode atingir 80 cm (Almeida, 2006).

Os frutos são aquênios e são considerados a própria semente, o peso de mil sementes é de aproximadamente 10 g (Doñate, 2013). A forma da semente varia com a cultivar, podendo ser: irregulares espinhosas ou redondas e lisas. Os melhoradores têm criado cultivares híbridas, são mais produtivas e apresentam maior proporção de plantas femininas, as quais são mais produtivas e espigam mais tardiamente do que as masculinas (Almeida, 2006).

Segundo Avsar (2011) existem três tipos de espinafre (Figura 6):

- 1) **Savoy**, que apresenta folhas com rugosidades bolbosas e é usado nomeadamente para o mercado em fresco;
- 2) **Folha lisa**, sem rugosidades e planas, o preferido para processamento;
- 3) **Baby**, preferido para saladas devido ao seu sabor e textura delicada.

Os mais semeados são do tipo folha lisa, pois são mais fáceis de manusear (Avsar, 2011).

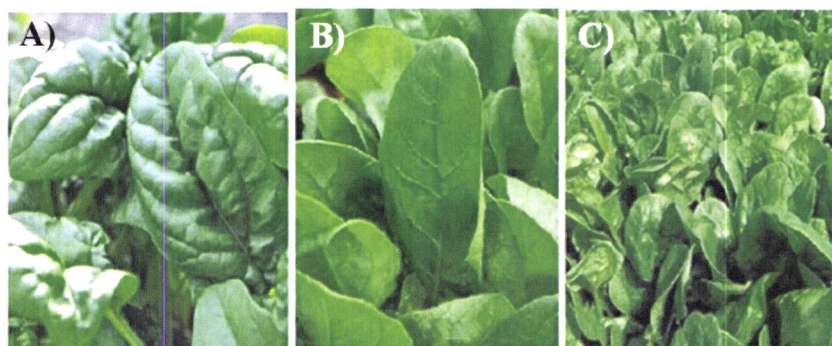


Figura 6 – Aspeto dos tipos de espinafre: Savoy (A), Folha lisa (B) e Baby (C).

2.1.3. Exigências climáticas

O espinafre é uma planta sensível a temperaturas elevadas, prefere climas frescos (Almeida, 2006; Zvalo & Respondek, 2008), por isso, em Portugal, é cultivado principalmente no Outono, no Inverno (Gardé & Gardé, 1988) e na Primavera.

A temperatura mínima para a germinação das sementes é 2 °C, a máxima é 30 °C e a ótima situa-se entre os 20 e 25 °C (Almeida, 2006; Zvalo & Respondek, 2008). Para o crescimento das plantas a temperatura mínima é de 5 °C, contudo as plantas jovens podem suportar temperaturas de -9 °C (Zvalo & Respondek, 2008). A temperaturas inferiores a 10 °C o crescimento é muito lento e as folhas ficam mais pequenas, mais espessas e mais ásperas (Almeida, 2006). A temperatura ótima para o seu crescimento situa-se entre 15 a 20 °C (Almeida, 2006; Zvalo & Respondek, 2008). O crescimento das plantas para a temperaturas superiores entre 30 e 32 °C (Almeida, 2006; Zvalo & Respondek, 2008).

A floração do espinafre é foto e termodependente, isto é, em condições de dias longos e temperaturas elevadas é induzida a entrada em floração (Almeida, 2006; Zvalo & Respondek, 2008; Doñate, 2013). A passagem da fase vegetativa de roseta para a fase reprodutiva (espigamento) é desencadeada em condições de dias longos (> 14 horas) e quentes (Zvalo & Respondek, 2008). A partir dos 25 °C há redução da espessura e da intensidade da cor das folhas perdendo assim qualidade (Almeida, 2006).

2.1.4. Composição nutricional e efeitos na saúde

O espinafre tem um elevado teor em vitaminas, minerais e antioxidantes (Tabela 1), assim, é um alimento importante para todos os que pretendem uma dieta ligeira, saudável (APRIFEL, 1994) e com baixo teor calórico (Shaheen *et al.*, 2012).

Tabela 1 – Composição média do espinafre. Valores expressos por 100g de matéria fresca.

	USDA (2015)	APRIFEL (1994)
Água (g)	91,4	91,6
Energia (kcal)	23	25
Proteína (g)	2,86	2,4
Gordura (g)	0,39	0,3
Hidratos de carbono (g)	3,63	3,2
Fibra (g)	2,2	4
Vitamina A (mg)	0,469	4 (provitamina A, carotenos)
Tiamina (mg) (Vitamina B1)	0,078	0,15
Riboflavina (mg) (Vitamina B2)	0,189	0,23
Niacina (mg) (Vitamina B3)	0,724	0,60
Ácido ascórbico (mg) (Vitamina C)	28,1	50
Piridoxina (mg) (Vitamina B6)	0,195	0,22
Vitamina K (mg)	0,483	0,35
Vitamina E (mg)	2,03	2,5
Ácido fólico (mg) (Vitamina B9)	0,194	0,14
Potássio (mg)	558	500
Cálcio (mg)	99	130
Fósforo (mg)	49	55
Magnésio (mg)	79	58
Sódio (mg)	79	65
Zinco (mg)	0,53	0,50
Ferro (mg)	2,71	4

Da composição do espinafre fazem parte vitaminas: B1, B2, B3, B6, B9, C, E, K e ainda carotenos precursores de vitamina A. Segundo APRIFEL (1994), 200 g de espinafre cozido fornecem em média 20 a 40 mg de ácido ascórbico, quase metade da DDR (Dose Diária Recomendada) para um adulto (80 mg, valor estipulado pela Diretiva 2008/100CE). A sua riqueza em fibras, pró-vitamina A, vitamina C e E é reconhecida como benéfica na defesa contra certos tipos de cancro, o seu teor em ácido fólico permite cobrir quase três quartos da necessidade de ácido fólico (APRIFEL, 1994), o qual é muito importante na gravidez, pois ajuda a prevenir defeitos na coluna vertebral (Troxler & Ragon, s.d.).

É também uma boa fonte de cálcio, magnésio, potássio, fósforo (Avsar, 2011), zinco (Troxler & Ragon, s.d.) e outros minerais. O espinafre é muitas vezes associado a um elevado teor em ferro devido a um erro nos cálculos ou a uma má interpretação de resultados do teor de ferro em espinafre seco e não em espinafre fresco (Sutton, 2010) e ao “Popeye, o marinheiro”, que o promovia, essencialmente, com base no valor nutricional nesse nutriente. O teor de ferro do espinafre não é tão elevado como apontaram, mas continua a ser uma boa fonte do nutriente que pode ajudar a combater a anemia (Troxler & Ragon, s.d.).

O espinafre é extremamente rico em antioxidantes tais como vitamina C e E, carotenoides, flavonoides, compostos lipofílicos ativos como neoxantina, luteína, zeaxantina e clorofila (Avsar, 2011). A concentração em antioxidantes é mais elevada quando o espinafre é consumido em fresco, cozido no vapor ou é rapidamente fervido (Avsar, 2011). As folhas de espinafre recentemente cortadas contêm cerca de 1000 mg de flavonoides totais por kg (Lomnitski *et al.*, 2003). Os antioxidantes do espinafre podem contribuir para:

- 1) A redução do risco de doenças do foro oftálmico como é o caso da degeneração macular relacionada com a idade e das cataratas (Lomnitski *et al.*, 2003);
- 2) A proteção do sistema nervoso central (Lomnitski *et al.*, 2003; Subhash *et al.*, 2010);
- 3) A eliminação de radicais livres, protegendo assim de doenças mediadas por esses, como o cancro (Lomnitski *et al.*, 2003; Subhash *et al.*, 2010);
- 4) A redução de doenças do foro cardíaco como a aterosclerose dado que impedem a oxidação do colesterol (Lomnitski *et al.*, 2003);
- 5) Regulação do ciclo de divisão celular na carcinogénese, ou seja, ajudam a inibir o crescimento e disseminação de células malignas o que torna o espinafre

benéfico no tratamento de vários tipos de cancro como o cancro do ovário, do pulmão, da próstata, do cólon e da mama (Lomnitski *et al.*, 2003; Avsar, 2011).

Os cloroplastos do espinafre possuem uma atividade sulfito oxidase (Subhash *et al.*, 2010), ou seja, uma atividade de transformação de sulfitos em sulfatos que ajuda a prevenir a acumulação de compostos potencialmente tóxicos no organismo como os sulfitos (Unidade de Doenças Metabólicas - Hospital Sant Joan de Déu, s.d.).

O consumo de espinafre nas doses diárias recomendadas não apresenta riscos para a saúde, mas um consumo excessivo pode ser prejudicial (Lomnitski *et al.*, 2003). As contra-indicações são devidas ao seu alto teor em sais minerais e especialmente oxalato e nitrato, devendo o consumo deste vegetal ser evitado por doentes reumáticos, do fígado, dos rins (Ena, 2008; Almeida, 2012) e diabéticos, bem como com inflamações do tubo digestivo e vias urinárias. Embora seja uma fonte razoável de cálcio, o elevado teor de ácido oxálico forma sais insolúveis de oxalato de cálcio, o que significa que pessoas com tendência à formação de cálculos renais de oxalato devem evitar o espinafre (Almeida, 2012). A presença de nitrato pode levar à formação de metaemoglobina e nitrosaminas que são compostos perigosos para o organismo (Lomnitski *et al.*, 2003).

O seu armazenamento reduz a atividade antioxidante e a cozedura leva a que cerca de 50 % do total de flavonoides e 60 % da vitamina C se perca na água de cozedura (Lomnitski *et al.*, 2003). Contudo, a cozedura e eliminação da água pode ser uma forma de eliminar parte do oxalato e nitrato. Para eliminar oxalato é necessário cozer o espinafre e eliminar duas vezes a água antes de servi-lo (Troxler & Ragon, s.d.). Não se deve reaquecer o espinafre pois podem-se formar substâncias tóxicas (Ena, 2008).

A alergia a frutas e vegetais frescos é a causa mais frequente da síndrome da alergia oral, que normalmente afeta pessoas alérgicas ao pólen e com rinite alérgica. A histamina presente no espinafre (≈ 37 mg/100g peso fresco) pode causar reações pseudo-alérgicas por contato com a pele ou inalação (quando o espinafre está em pó) embora sejam consideradas raras (Lomnitski *et al.*, 2003).

2.2. Nitrato

O nitrato para além de ser formado pelo organismo humano é também obtido a partir de fontes exógenas como os vegetais (Rodrigues, 2006), a fruta, o leite e seus derivados, as bebidas alcoólicas (Mesinga *et al.*, 2003), a água (Machado *et al.*, 2008), e as carnes processadas (Hord *et al.*, 2009).

Os vegetais de folhas verdes (“*leafy vegetables*”), como o espinafre, a alface, a beldroega e a salsa, são uma componente importante da dieta humana (Conesa, *et al.*, 2009) e ao contrário dos vegetais de fruto (“*fruit vegetables*”), como o tomate e o pepino, acumulam elevada concentração de nitrato (Eysinga, 1984), que constitui mais de 90% da média diária de nitrato absorvida pelos humanos (Dich *et al.*, 1996).

Existem espécies vegetais que podem chegar a acumular quantidades de nitrato superiores a 2500 mgNO₃⁻/kg de peso fresco (Rodrigues, 2006). As famílias que mais acumulam nitrato por ordem decrescente são *Brassicaceae* (rúcula, rabanete e mostarda), *Chenopodiaceae* (beterraba, acelga e espinafre), *Amaranthaceae* (*Amaranthus*), *Asteraceae* (alface) e *Apiaceae* (aipo e salsa) (Santamaria, 2006).

O nitrato, por si, é relativamente pouco tóxico, no entanto é um composto indesejado em vegetais (Anjana *et al.*, 2007a; Lastra *et al.*, 2009; Shaheen *et al.*, 2012), devido aos seus efeitos nefastos sobre a saúde humana, que resultam essencialmente do facto de aproximadamente 5% de todo o nitrato ingerido ser convertido na saliva e trato gastrointestinal em nitrito, este mais tóxico (Santamaria, 2006).

O consumo de vegetais com elevados teores de nitrato podem ter efeitos negativos na saúde, pois:

- 1) Parte do nitrato, depois de ingerido, é convertido em nitrito, podendo levar ao aparecimento de metemoglobinemia (Beis *et al.*, 2002; Mesinga *et al.*, 2003; Rodrigues, 2006; Hord *et al.*, 2009), também conhecida como síndrome do bebé azul. O nitrito promove a transformação da hemoglobina em metaemoglobina, pela oxidação do ferro ferroso (Fe²⁺) a férrico (Fe³⁺) na molécula de hemoglobina [NO₂⁻ + oxyHb (Fe²⁺) → metHb (Fe³⁺) + (NO₃⁻)], o que leva à existência de um excesso de metaemoglobina no sangue, que não possui capacidade de transportar oxigénio (Freitas *et al.*, 1995). Os bebés são mais suscetíveis que crianças e adultos a este problema (Santamaria, 2006). Os

sintomas clínicos que causa são: hipoxia tissular, cianose (descoloração azul da pele) e, agrava as funções respiratória, cardíaca (Murinello *et al.*, 2001), circulatória e causa efeitos progressivos no sistema nervoso central que podem levar a leves tonturas, letargia e convulsões (Anjana *et al.*, 2007a);

- 2) O nitrato em combinação com aminas e amidas leva à formação de nitrosaminas carcinogénicas (Beis *et al.*, 2002; Anjana *et al.*, 2007a). Esta reação ocorre principalmente no estômago, mas também pode ocorrer nos alimentos durante o período de conservação (Mesinga *et al.*, 2003; Rodrigues, 2006; Santamaria, 2006);
- 3) A junção de nitrato/nitrito com o ácido gástrico forma espécies nitrificantes que ao reagirem com o ácido ascórbico convertem-se em óxido nítrico, que é potencialmente mutagénico e carcinogénico (Iijima & Shimosegawa, 2006). Em excesso podem estar associadas à maior incidência de doenças do foro gastroesofágico, como o cancro do estômago (Hord *et al.*, 2009). Por outro lado, Santamaria (2006) refere que existem estudos epidemiológicos que não revelam evidências de que há uma relação entre o elevado consumo de nitrato a partir de vegetais e o cancro do estômago, mostrando alguns uma correlação negativa entre estes dois fatores;
- 4) Pode levar ao aparecimento precoce de diabetes em crianças (Rodrigues, 2006; Anjana *et al.*, 2007a), hipertensão e hipotireoidismo. Está associado também ao cancro da boca, cancro do cólon, reto ou outras regiões gastrointestinais, doença de Alzheimer, esclerose múltipla, demência vascular, aborto espontâneo ou defeitos congénitos e anencefalia (Anjana *et al.*, 2007a).

Contudo, têm vindo a ser demonstrados alguns efeitos positivos da ingestão de nitrato, que vêm contrariar alguns dos malefícios acima mencionados, como: o efeito depressivo sobre vários agentes patogénicos do óxido de azoto que se forma no estômago a partir de nitrato, redução da hipertensão e doenças cardiovasculares, redução do risco de cancro do estômago e prevenção de infeções microbiológicas (Santamaria, 2006; Anjana *et al.*, 2007a; Hord *et al.*, 2009).

O nitrato é absorvido pelas raízes onde pode ser reduzido e armazenado nos vacúolos ou então pode ser translocado para a parte aérea para redução e armazenamento nos vacúolos (também para osmorregulação). O primeiro passo da

redução, realizada no citosol pela nitrato redutase (NR), é a produção de nitrito, que entra no plastídio (cloroplasto na parte aérea) e é reduzido a amónio pela nitrito redutase (NIR). O amónio é fixado pela enzima glutamina sintetase – glutamato sintetase (GS/GOGAT) em aminoácidos (glutamina/glutamato) que serve de substrato para reações de transaminação para produzir outros aminoácidos proteicos (Tischenher, 2008) (Figura 7).

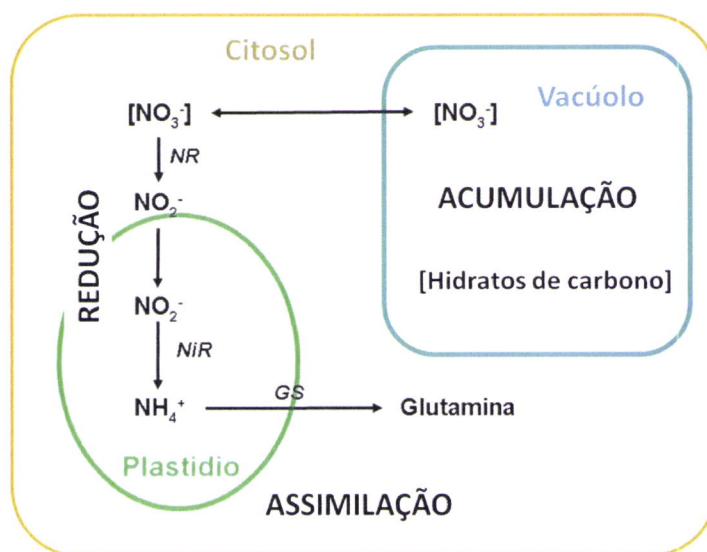


Figura 7 – Esquema representativo do processo de acumulação, redução e assimilação de nitrato.

Adaptado de Doñate (2013).

Existem diferentes teorias que explicam pelo menos parte do processo de acumulação de nitrato em vegetais:

- 1) A redução da atividade da NR, induzida pela diminuição da radiação luminosa interceptada pela planta (Doñate, 2013);
- 2) O consumo de luxo, que representa uma adaptação evolutiva das plantas que lhes permite manter a atividade vegetativa elevada mesmo em períodos de escassez do elemento (Rodrigues, 2006), isto é, as plantas absorvem quantidades de nutrientes, entre eles o nitrato, superiores às suas necessidades metabólicas normais, criando uma reserva para o caso de escassez (Santos, 2001);
- 3) A capacidade das plantas para utilizar diferentes solutos, como o nitrato, para manter constante o potencial osmótico e a turgescência celular, que se denomina regulação iso-osmótica (Burns *et al.*, 2010);

Manter uma produção sustentável e minimizar os riscos na saúde associados à acumulação excessiva de nitrato é de extrema importância, por essa razão a redução do teor de nitrato nos alimentos é fundamental. A União Europeia fixou que para os espinafres frescos o teor máximo de nitrato admissível seria 3500 mg/kg e para os espinafres conservados, ultracongelados ou congelados seria 2000 mg/kg (Regulamento (UE) nº1258/2011 da Comissão Europeia).

2.2.1. Fatores responsáveis pela acumulação de nitrato

A concentração de nitrato nas folhas é influenciada por um conjunto de fatores fisiológicos (genótipo, órgão vegetativo e idade); ambientais (temperatura, humidade, intensidade da luz, fotoperíodo e características do solo) e nutricionais (fertilização azotada, fosfatada, potássica, etc.) e métodos de produção, que interagem entre si (Maynard & Barker, 1979; Santamaria, 2006; Anjana *et al.*, 2007a; Marques, 2012).

2.2.1.1. Fisiológicos

O espinafre é um dos vegetais que mais nitrato acumula por possuir sistemas de absorção muito eficientes (Beis *et al.*, 2002).

O teor de nitrato nas folhas e a atividade da NR varia marcadamente com o genótipo (Maynard & Barker, 1979; Santamaria, 2006; Anjana *et al.*, 2007b). Em cultivares de espinafre, do tipo savoy foram encontrados teores de nitrato mais elevados do que em cultivares do tipo folha lisa, porque nestas a atividade da NR foi 2,1 e 3,3 vezes maior do que nas do tipo savoy (Maynard & Barker, 1979).

O teor de nitrato distribui-se heterogeneamente pelas diferentes partes da planta, dispondo-se nos seguintes órgãos por ordem decrescente: pecíolo, limbo, caule, raiz, inflorescência, tubérculo, bolbo, fruto e semente (Santamaria *et al.*, 2001). Em espinafre, os caules e os pecíolos são zonas de maior acumulação de nitrato, podendo atingir respetivamente valores 261 e 241% maiores que a dos limbos (Beis *et al.*, 2002), o que pode estar relacionado com o facto de um dos locais de maior atividade da NR ser o limbo das folhas, o que permite uma menor acumulação de nitrato nesta região (Marques, 2012). O teor de nitrato varia também com a idade da folha, folhas mais velhas possuem teores mais elevados do que as mais jovens (Breimer, 1982). Assim,

para reduzir o consumo de nitrato devem-se selecionar genótipos, que acumulem baixos teores de nitrato (Liu *et al.*, 2006; Anjana *et al.*, 2007a; Gutiérrez-Rodríguez *et al.*, 2012) e que possuam uma elevada razão limbo/pecíolo, e pode-se eliminar o pecíolo aquando do consumo, visto que é a zona de maior acumulação (Marques, 2012; Doñate, 2013).

2.2.1.2. Ambientais

A luz, a temperatura e a sua interação, bem como a humidade relativa têm influência significativa na acumulação de nitrato (Beis *et al.*, 2002).

A intensidade, duração e qualidade da luz tem interferência sobre a fotossíntese, a absorção, a translocação e a redução de nitrato, o que influencia a sua acumulação em espinafre e noutros vegetais (Breimer, 1982; Santamaria, 2006). A intensidade da luz está inversamente correlacionada com a acumulação de nitrato (Anjana *et al.*, 2007a), isto é, a folha ao receber mais luz aumenta a fotossíntese, promove a atividade da NR e conseqüente aumenta a velocidade de redução do nitrato (Doñate, 2013). A redução da intensidade luminosa e do fotoperíodo aumenta o teor de nitrato acumulado nas folhas, pois diminui a atividade da NR (Maynard & Barker, 1979; Breimer, 1982; Cárdenas-Navarro *et al.*, 1999; Zhou *et al.*, 2007). Assim, espinafres produzidos em estufa, devido às condições específicas de temperatura e intensidade luminosa que esta proporciona, possuem teores de nitrato acumulados mais elevados que os espinafres produzidos ao ar livre (Marques, 2012). Contudo, Singh *et al.* (1999) concluíram que a luz não regula a atividade da NR, mas diminui a fotossíntese, cujo decréscimo diminui a utilização do nitrato.

A acumulação de nitrato aumenta com a temperatura, devido ao acréscimo da transpiração, que provoca um fluxo ascendente de nitrato desde a raiz até à parte aérea e diminui a taxa de síntese proteica, o que aumenta a disponibilidade de nitrato suscetível de ser acumulado nos vacúolos (Doñate, 2013).

O aumento da temperatura do solo aumenta a disponibilidade de nitrato para a planta devido a um aumento da amonificação e nitrificação do azoto orgânico do solo (Doñate, 2013). Elevadas temperaturas do solo levam a que a forma de azoto preferencialmente absorvida seja a nítrica (Rodrigues & Coutinho, 1995; Santos, 2001).

A humidade do solo também pode influenciar o teor de nitrato nas plantas, pois facilita a mineralização do azoto orgânico do solo, aumentando a sua disponibilidade junto do sistema radical. A utilização de água de rega com teores elevados de nitrato também contribui para a sua acumulação (Doñate, 2013). O aumento da humidade relativa pode diminuir a acumulação de nitrato, pois reduz a transpiração e assim a translocação de nitrato desde a raiz até às folhas (Maynard & Barker, 1979; Breimer, 1982).

A acumulação de nitrato varia com a estação, sendo maior no Outono e no Inverno (Breimer, 1982; Vieira *et al.*, 1998). Em alface e rúcula cultivada em modo convencional e biológico Guadagnin *et al.* (2005) verificaram que, o teor de nitrato foi mais elevado no Inverno. Porém, os mesmos autores verificaram que, nas mesmas culturas cultivadas em hidroponia o teor de nitrato não foi afetado pela estação do ano.

O teor de nitrato também varia ao longo do dia no Verão, em alface e espinafre, decresce linear e gradualmente ao longo do dia e aumenta à noite (Neely *et al.*, 2010).

O efeito da temperatura na acumulação de nitrato é, muitas vezes, encoberto pela luz, pois ao aumento da luz incidente conduz geralmente ao aumento da temperatura (Doñate, 2013). Num estudo com rúcula, Santamaria *et al.* (2001) observaram que quer em condições de baixa ou de elevada intensidade luminosa, a acumulação de nitrato aumentou com a temperatura, quando o fornecimento de azoto não foi limitante.

2.2.1.3. Nutricionais

A fertilização azotada é dos fatores que mais influenciam o teor de nitrato nas folhas (Santamaria, 2006; Anjana *et al.*, 2007a). O azoto faz parte da clorofila, proteínas e ácidos nucleicos e está diretamente envolvido na fotossíntese (Marques, 2012). Do ponto de vista agronómico, é considerado o elemento mais determinante da produtividade e da qualidade vegetal (Vieira *et al.*, 1998; Rodrigues & Arrobas, 2011). Por essa razão, os agricultores têm tendência a aumentar a sua aplicação, sem ter em conta a resposta das diferentes espécies à forma e à taxa de absorção de azoto (Shaheen *et al.*, 2012).

A fertilização azotada pode ser uma boa forma de aumentar a qualidade do espinafre, contudo esta abordagem só funciona dentro de determinados limites (Liu *et al.*, 2006), dado que está fortemente relacionada com a acumulação de nitrato nos

tecidos vegetais (Canali *et al.*, 2011). Em regra, à medida que se aumenta o nível de fertilização azotada aumenta o teor de nitrato acumulado (Anjana *et al.*, 2007a). A acumulação de nitrato depende da quantidade e tipo de nutrientes presentes no solo, da dose e composição dos fertilizantes aplicados, nomeadamente fertilizantes azotados, e da altura da sua aplicação (Maynard & Barker, 1979; Zhou *et al.*, 2007).

O espinafre à semelhança da maioria das plantas absorve azoto através das raízes, tanto na forma nítrica como na amoniacal (Rodrigues & Coutinho, 1995; Santos, 2001), mas tem preferência pela forma nítrica (Wang *et al.*, 2009).

A chave para reduzir o excesso de nitrato nas plantas, passa pelo uso racional do azoto (Rodrigues, 2006). Para o efeito é necessário ter em consideração a quantidade de azoto a aplicar e a natureza do adubo (Doñate, 2013), o ritmo de absorção de azoto, as necessidades das plantas, dado que as culturas diferem entre si na capacidade de exportação de azoto e o estado nutritivo das plantas (Liu *et al.*, 2006; Rodrigues & Arrobas, 2011).

Pode-se melhorar a eficiência de fornecimento de azoto e diminuir a concentração de nitrato nos tecidos vegetais através da:

- 1) Aplicação fracionada de azoto após monitorização do estado nutritivo das plantas (Rodrigues, 2006; Rodrigues & Arrobas, 2011);
- 2) Aplicação de azoto apenas no início do ciclo, que é eficaz no controlo da acumulação de nitrato, uma vez que o teor de nitrato na planta e solo diminuem à medida que as plantas atingem o tamanho comercial (Vieira *et al.*, 1998);
- 3) Redução das doses de azoto aplicadas, nomeadamente nos ciclos de Outono-Inverno (Doñate, 2013);
- 4) Interrupção do fornecimento de azoto nos dias que precedem a colheita (Anjana *et al.*, 2007a);
- 5) Utilização de fertilizantes que possuam, por exemplo, um revestimento dos grãos que permita uma libertação gradual dos nutrientes ou atue na estabilização do azoto amoniacal, através de um inibidor que retarda a conversão do ião amónio a nitrato, minimizando as perdas por lixiviação e maximizando o aproveitamento do azoto (Marques, 2012);
- 6) Utilização de fertilizantes com amónio ou elevada percentagem de amónio. A proporção de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ na solução nutritiva afeta o crescimento e o teor de nitrato das plantas (Conesa *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2009). O aumento da

aplicação de amónio na solução nutritiva diminui o teor de nitrato nas folhas e reduz a biomassa (Conesa *et al.*, 2009). No entanto, a substituição de algum NO_3^- na solução nutritiva por NH_4^+ pode melhorar a qualidade da planta, sem afetar negativamente a produção de biomassa (Wang *et al.*, 2009);

- 7) Escolha do fertilizante mais adequado. De acordo com Zhou *et al.* (2007), os fertilizantes que favorecem a acumulação de nitrato em folhas são, por ordem decrescente: ureia > carbonato de amónio > nitrato de amónio > sulfato de amónio;
- 8) Produção em sistemas de cultura sem solo (Rodrigues, 2006; Conesa *et al.*, 2009). Neste tipo de sistemas é possível um bom manejo e controlo da solução nutritiva ao longo do ciclo e conseqüentemente a redução do teor de nitrato acumulado pelas plantas (Santamaria, 2006);
- 9) Utilização de fertilizantes orgânicos, pois reduzem a acumulação de nitrato nas plantas (Anjana *et al.*, 2007a);
- 10) Substituição da aplicação de nitrato por cloreto ou sulfato de amónio uns dias antes da colheita. O cloreto compete com o nitrato no armazenamento nos vacúolos (Santos, 2001) e é permutável com o nitrato na osmorregulação, podendo evitar assim uma concentração excessiva de nitrato na planta (Anjana *et al.*, 2007a).

Outras formas de reduzir significativamente a acumulação de nitrato nas plantas são: o aumento da aplicação de fósforo (Breimer, 1982; Ahmed *et al.*, 2000), de potássio, de enxofre, de cálcio, aplicação foliar de ácido salicílico e fertilizantes com molibdénio (Ahmed *et al.*, 2000; Zhou *et al.*, 2007; Nurzynska-Wierdak *et al.*, 2012). O molibdénio é um cofator necessário para a ativação da NR (Ahmed *et al.*, 2000).

No entanto, no que diz respeito ao potássio, há estudos que revelam que a aplicação de potássio pode levar ao incremento da acumulação de nitrato (Maynard & Barker, 1979) e outros que indicam que a presença desse no solo não influencia a acumulação de nitrato (Anjana *et al.*, 2007).

2.3. Medidor portátil de clorofila spad-502

O conhecimento do estado nutritivo e do ritmo de absorção dos nutrientes pelas plantas em cada momento, sem ter de recorrer a métodos laboratoriais demorados, nomeadamente quando se trata de plantas anuais de crescimento rápido, como é o caso do espinafre, é extremamente importante. Por esta razão têm vindo a ser desenvolvidos equipamentos portáteis que permitem fazer o diagnóstico em campo do estado nutritivo das plantas, de modo simples e rápido. Por exemplo o estado nutritivo azotado pode ser determinado a partir do teor relativo de clorofila nas folhas medido com o aparelho SPAD-502 Minolta (Rodrigues & Arrobas, 2011).

O SPAD-502 é um medidor portátil de clorofila (Felseburgh, 2006) que foi certificado para fornecer uma estimativa precisa, rápida e não destrutiva do teor de azoto nas folhas de várias culturas em condições de campo e também para prever as necessidades de fertilização azotada, ajudando na tomada de decisão e no controlo dos custos em fertilizantes azotados e do teor de nitrato (Liu *et al.*, 2006).

As leituras efetuadas por este aparelho correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta e os valores são calculados com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois comprimentos de onda, com diferentes absorvências de clorofila (Felseburgh, 2006).

O medidor de clorofila possui dois díodos que emitem luz em dois comprimentos de onda, a 650 (vermelho) e a 940 nm (infravermelho). O primeiro situa-se próximo dos dois comprimentos de onda primários associados à absorvência da clorofila (645 e 663 nm) e o segundo serve como referência para compensar diferenças na espessura ou no teor de água da folha ou devido a outros fatores (Felseburgh, 2006).

A luz que passa através da amostra da folha atinge um recetor (fotodíodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Por meio do conversor A/D (analógico/digital), esses sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais, sendo usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD (“*Soil plant analysis development*”). Os valores obtidos são proporcionais ao teor de clorofila presente na folha (Felseburgh, 2006).

Num ensaio em vasos, em estufa, Liu *et al.* (2006) verificaram que houve uma relação das leituras SPAD com o teor de azoto e nitratos nas folhas de espinafre.

Contudo, num ensaio em solo, Canali *et al.* (2014) verificaram que a leitura SPAD nas folhas de espinafre não foi afetada pela dose de azoto aplicada.

Num ensaio em “*floating system*”, Conesa *et al.* (2009) verificaram que a leitura SPAD em folhas de espinafre não foi afetada pela aplicação de diferentes razões $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$. Contudo, em plantas de *Silene vulgaris* (Moench) Garcke (erva-traqueira) essa leitura foi afetada pela forma de azoto aplicada.

Noutras culturas como o espinafre da Nova Zelândia, num ensaio em solo Biscaro *et al.* (2013) observaram efeitos significativos das doses de azoto aplicadas sobre as leituras SPAD. Num ensaio em vasos Pereira *et al.* (2009) verificaram que os valores SPAD revelaram-se bons indicadores do estado nutritivo azotado do milho, estando linearmente relacionados com a produção de matéria seca e com o azoto exportado.

2.4. Métodos de produção

Os métodos de produção são um dos fatores que mais influenciam a concentração de nitrato nas plantas. O teor de nitrato em alface e rúcula foi mais elevado quando estas culturas foram cultivadas em hidroponia do que em modo biológico ou convencional (Guadagnin *et al.*, 2005).

2.4.1. Cultura sem solo

A cultura sem solo (CSS) corresponde a qualquer sistema de produção em que as plantas não estão ancoradas num solo natural (Almeida & Reis, 2011), ou seja, são cultivadas numa solução nutritiva ou sobre qualquer substrato com adição de nutrientes (Soria & Olivert, 2002). De acordo com Almeida & Reis (2011) estes sistemas podem ser classificados em três grandes famílias: 1) cultura em substrato, 2) cultura em água (hidroponia em sentido restrito), 3) cultura no ar ou aeroponia. O termo hidroponia provém das palavras gregas “*hydros*” (água) e “*ponos*” (trabalho) e pode-se definir, em sentido restrito, como a ciência do crescimento das plantas num meio aquoso (Quintero *et al.*, 2011), ou seja, quando as raízes se encontram permanentemente imersas numa solução nutritiva (Almeida & Reis, 2011). Contudo, entre nós o termo hidroponia é utilizado como sinónimo de CSS, pois a tecnologia usada na condução de culturas nos três grupos de sistemas de CSS é semelhante (Almeida & Reis, 2011).

As funções fundamentais que o solo desempenha na produção vegetal (suporte e ancoragem de plantas, fornecimento de água, nutrientes e oxigénio às raízes) são asseguradas em CSS, por substratos ou outros suportes de cultura, pela solução nutritiva e o oxigénio é assegurado de diferentes modos, pois depende do sistema utilizado (Almeida & Reis, 2011).

Quanto ao destino da drenagem, os sistemas de CSS podem ser classificados em dois tipos: sistemas abertos (a solução drenada é perdida) e sistemas fechados (a solução drenada é reaproveitada e reutilizada no próprio sistema de cultura) (Almeida & Reis, 2011).

Os sistemas CSS são eficazes na maior parte das culturas hortícolas e em algumas ornamentais cultivadas em estufa (Soria & Olivert, 2002). Em Portugal, a produção de culturas em CSS (ex.: morangos, framboesa, alface, salsa espinafres, etc.)

tem vindo a aumentar, devido às vantagens de utilização destes sistemas, quer em termos agronómicos, ambientais e qualidade da parte edível.

Em termos agronómicos:

- 1) Melhora o controlo da nutrição, dado que praticamente não existem interações. Aplica-se uma solução nutritiva diretamente ou é aplicada a um substrato totalmente inerte, sem atividade química, ou sobre substratos com uma baixa capacidade de troca catiónica. (Soria & Olivert, 2002);
- 2) Melhora a relação ar/água no sistema radical da planta, favorecendo o desenvolvimento das culturas (Raviv *et al.*, 2002; Soria & Olivert, 2002);
- 3) Melhora a uniformidade das culturas, facilita as práticas culturais (ex.: poda e o toturamento), suprime a incorporação de adubos de fundo, a preparação do solo e a eliminação de infestantes, melhorando no geral as condições de trabalho (Soria & Olivert, 2002);
- 4) Aumenta a precocidade e o potencial produtivo (Soria & Olivert, 2002; Urrestarazu & Saias, 2002; Almeida & Reis, 2011), especialmente sob condições de clima controlado (Almeida & Reis, 2011). A planta quando absorve a solução nutritiva consome menos energia do que em sistemas de cultivo em solo (Soria & Olivert, 2002).
- 5) Permite a utilização de outras técnicas de aumento e melhoria da produção, como o aquecimento do ar das estufas, o enriquecimento da atmosfera com CO₂, a humidade do ar e a iluminação artificial (Reis, 2003).

Em termos ambientais:

- 1) Diminui a eutrofização dos aquíferos e a contaminação dos solos por lixiviação (Urrestarazu & Saias, 2002), poupando água e fertilizantes (Soria & Olivert, 2002; Almeida & Reis, 2011);
- 2) Permite a reciclagem e/ou reutilização de determinados resíduos industriais como substratos (ex.: casca de arroz, fibra de coco, palha de cereais, resíduos da indústria da cortiça) (Soria & Olivert, 2002; Urrestarazu & Saias, 2002);
- 3) Melhora a composição nutritiva dos produtos hortícolas do ponto de vista sanitário (Urrestarazu & Saias, 2002), pois o uso de substratos inertes, reduz a aplicação de pesticidas, nomeadamente para combater doenças do solo e para controlar infestantes (herbicidas) (Soria & Olivert, 2002).

Contudo, a produção em CSS também tem alguns inconvenientes agronômicos e ambientais.

Do ponto de vista agronômico é de salientar que a utilização destes sistemas:

- 1) Pode induzir o aparecimento de doenças da raiz por ausência de mecanismos de defesa dos substratos (ex.: *Phytophthora*) (Soria & Olivert, 2002);
- 2) Requer uma maior precisão do manejo da rega e da nutrição. Em CSS geralmente trabalha-se com baixos volumes de substrato, com pouca reserva de água (Soria & Olivert, 2002). Um pequeno erro na fertirrega é mais grave do que num sistema de cultivo tradicional em solo (Urrestarazu & Saias, 2002). Assim, o uso destes sistemas supõe um maior custo de instalação, tanto pelos elementos de rega como pelos substratos (Soria & Olivert, 2002);
- 3) Sujeita as culturas a variações mais elevadas da temperatura, em substrato há menor inércia térmica do que no solo (Soria & Olivert, 2002);
- 4) Requer um acompanhamento técnico acessível e rápido, a nível dos equipamentos e da condução das culturas (Reis, 2003), o que em muitos casos é uma vantagem (Soria & Olivert, 2002).

A CSS implica também uma maior dependência das fontes de energia, nomeadamente elétrica para o funcionamento dos equipamentos (Reis, 2003) e contribui para a contaminação do meio ambiente devido aos resíduos dos substratos e plásticos utilizados. Em sistemas abertos aumenta o consumo de água e a solução drenada contribui para a poluição dos solos e da água (Soria & Olivert, 2002; Almeida & Reis, 2011) e resíduos de substratos e de plásticos utilizados neste tipo de produção. No Algarve, a solução drenada é utilizada para fertilizar outras culturas, nomeadamente laranjeiras, como observou-se numa visita de estudo realizada à empresa Hubel.

2.4.1.1. Cultura em substrato

Substrato é definido por Quintero *et al.* (2011) como qualquer meio sólido, natural, de síntese ou residual, mineral ou orgânico, que para além de servir de suporte para as raízes da planta intervém ou não no processo de nutrição. Fonteno & Harden (2003) definem-no como qualquer material ou combinação de materiais usados para

suporte, retenção de água, arejamento ou retenção de nutrientes para o crescimento das plantas.

Um substrato pode conter material quimicamente ativo ou inerte e tem como funções principais: ancorar e envolver as raízes de modo a protegê-las da luz; permitir a respiração; reter a água e nutrientes (Quintero *et al.*, 2011). Existem diferentes tipos de substratos, não existindo na realidade um substrato perfeito, mas sim um tipo de manejo ideal para cada tipo de substrato (Sáez, 1999; Almeida & Reis, 2011). Na seleção do tipo de substrato a empregar intervêm considerações técnicas e económicas (Almeida & Reis, 2011), que dependem das características da cultura a transplantar, do objetivo da cultura (multiplicação, produção de plantas, de frutos ou flores), dos meios de controlo disponíveis na exploração (estruturas de proteção da cultura, sistemas de controlo da solução nutritiva e da rega), dos fatores não controlados pelo agricultor (fatores climáticos, possibilidade de falhas nos sistemas de controlo) (Quintero *et al.*, 2011) e da disponibilidade do substrato pretendido (Soria & Olivert, 2002).

Os substratos podem ser classificados segundo a sua origem, granulometria e atividade química (Quintero *et al.*, 2011) (Figura 8).

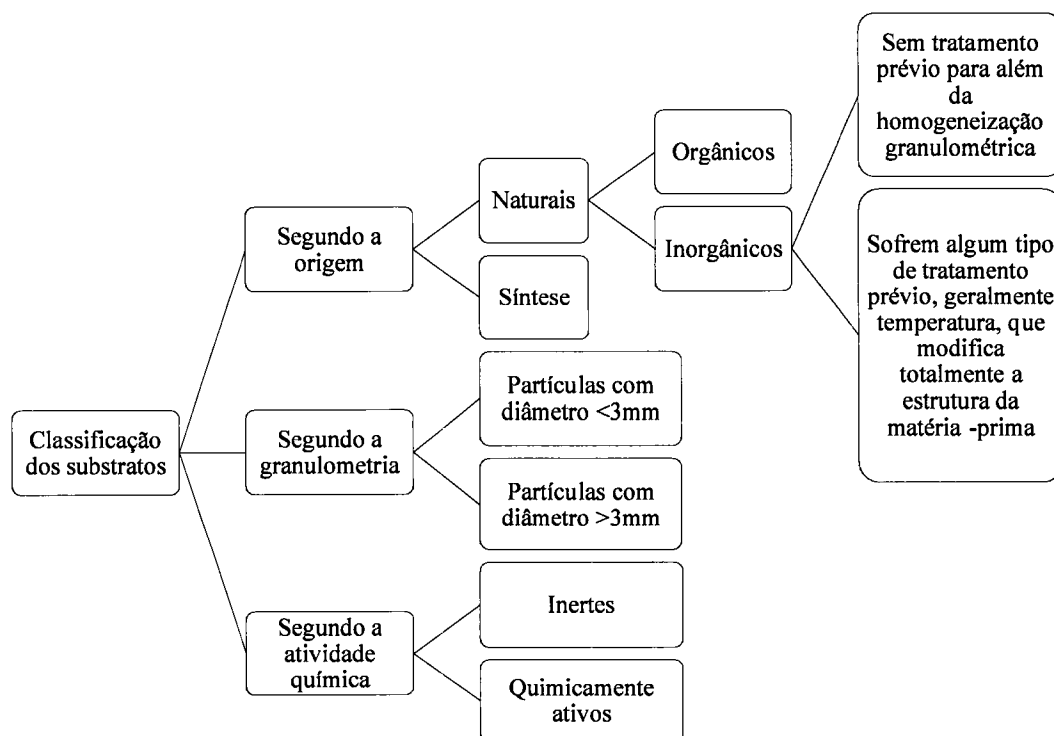


Figura 8 – Esquema representativo das diferentes classificações dos substratos.

Adaptado de: Quintero *et al.*, 2011.

A maior parte dos substratos é de origem natural e podem ser orgânicos e inorgânicos (Figura 8). Os primeiros são de proveniência animal ou vegetal, como por exemplo turfa, fibra de coco, casca de pinheiro, casca de arroz, serrim e palha. Os inorgânicos são geralmente inertes do ponto de vista químico, podendo ser usados sem nenhum tratamento prévio para além da homogeneização granulométrica (ex.: gravilha, areia, pozolana e pedra-pomes) ou com algum tipo de tratamento prévio (ex.: lã de rocha, perlite, vermiculite e argila expandida). Os substratos de síntese podem ser por exemplo espumas de poliuretano e poliestireno expandido (Quintero *et al.*, 2011).

De acordo com a granulometria encaixam-se no grupo das partículas com diâmetro inferior a 3mm a areia, a perlite, os plásticos ou a lã de rocha e no grupo das partículas com diâmetro superior a 3 mm a gravilha e a pedra-pomes (Quintero *et al.*, 2011).

Em relação à atividade química, os substratos podem ser classificados em inertes e quimicamente ativos. Os primeiros não reagem quimicamente com a solução nutritiva, têm baixa ou nula capacidade de troca catiónica (CTC) e a sua missão é unicamente a fixação da planta e manter uma relação ar/água adequada (ex.: lã de rocha, perlite, areia, gravilhas, rochas vulcânicas). Os quimicamente ativos reagem com a solução nutritiva, retêm nutrientes e apresentam elevada CTC (ex.: turfa, fibra de coco e vermiculite) (Quintero *et al.*, 2011).

As propriedades físicas e químicas dos diferentes tipos de substratos variam muito, sendo fundamental o seu conhecimento para o manejo adequado dos mesmos (Verdonock *et al.*, 1981). As propriedades mais importantes, ou seja as que afetam mais o crescimento da planta são: o pH, a taxa de decomposição, a capacidade tampão, a capacidade de troca e reserva de nutrientes, o teor em sais, a capacidade de retenção de água e a porosidade na zona radical (Verdonock *et al.*, 1981). De um modo geral, Sáez (1999) refere que um substrato deve possuir: elevada capacidade de água facilmente disponível, elevado arejamento, baixa densidade aparente, elevada porosidade, baixa salinidade, elevada capacidade tampão, baixa velocidade de decomposição, estabilidade estrutural, disponibilidade, baixo custo, fácil manejo, etc.

Entre os substratos mais utilizados na agricultura, individualmente ou misturados temos a turfa e a fibra de coco. A exploração de turfeiras comporta efeitos ambientais negativos, como a destruição de habitats e emissões de dióxido de carbono tem fomentado a substituição deste substrato por outros resultantes de resíduos orgânicos como é o caso da fibra de coco (Beozzi *et al.*, 2014).



2.4.1.1.1. Turfa

A turfa é, de longe, o substrato mais utilizado para produção de plantas para transplantar, envasar, etc. (Arenas *et al.*, 2002; Raviv *et al.*, 2002).

É um substrato orgânico, de origem natural resultante de vegetais fossilizados (Soria & Olivert, 2002), isto é, resulta da decomposição parcial e muito lenta de musgos nomeadamente do género *Sphagnum* e de plantas herbáceas ou lenhosas (Matos, 2011). A decomposição dá-se sob condições anaeróbias ou semi-anaeróbias a temperaturas baixas (Raviv *et al.*, 2002; Brito & Mourão, 2012), baixo pH (Matos, 2011) e baixo nível de nutrientes e má drenagem (Raviv *et al.*, 2002). De um modo geral é originária dos países frios do Norte da Europa e do Continente Americano, sendo retirada de turfeiras com muitos milhares de anos (Brito & Mourão, 2012). Todavia, a sua génese pode também ocorrer em países tropicais a partir de depósitos geralmente mais recentes e menos decompostos (Brito & Mourão, 2012). Em Portugal também existem turfeiras, embora com uma área de ocupação diminuta, estas encontram-se sobretudo nas zonas de montanha do Noroeste e, pontualmente, na Serra da Estrela e nas montanhas do Sul, em regiões sublitorais, associadas a zonas inundadas de curso terminal de alguns rios (ICNF, s.d.).

As turfas distinguem-se pelo tipo de vegetação que as originou, teor em minerais (Brito & Mourão, 2012) e grau de decomposição (Raviv *et al.*, 2002; Soria & Olivert, 2002; Brito & Mourão, 2012). Existem diferentes tipos de turfa (Raviv *et al.*, 2002), contudo, as mais comuns são a turfa loura e a negra (Soria & Olivert, 2002). A primeira é mais clara, ligeiramente menos decomposta, apresenta menor teor em matéria orgânica e tem excelentes propriedades físicas e químicas (alta porosidade e capacidade de retenção de água, aceitável teor de ar, baixa densidade aparente, alta capacidade de troca catiónica e baixa salinidade). A turfa negra é de cor escura e está fortemente decomposta (Soria & Olivert, 2002), tem o dobro da CTC da turfa loura, mas não possui tanta porosidade total ou arejamento (Raviv *et al.*, 2002).

A turfa difere na qualidade e mesmo turfa da mesma turfeira retirada de diferentes camadas podem possuir propriedades físicas e químicas diferentes. No geral, a turfa tem uma elevada capacidade de retenção de água, baixo valor de pH e baixo nível em nutrientes disponíveis (Brito & Mourão, 2012). Raviv *et al.* (2002) classificam a turfa em quatro tipos: “*Sphagnum peat moss*”, “*Hypnum peat moss*”, “*Reed and sedge peat*” e “*Peat humus*”, consoante as espécies que a compõem, as suas características

físico-químicas e o seu grau de decomposição (Tabela 2). A turfa *Sphagnum* é a mais comum (Matos, 2011; Brito & Mourão, 2012) e caracteriza-se por ser muito porosa, possuir bom arejamento pH ácido, baixo teor em azoto, elevada CTC, a qual reduz a lixiviação de nutrientes e elevada capacidade de retenção de água (Raviv *et al.*, 2002; Brito & Mourão, 2012).

Tabela 2 – Principais características físicas e químicas dos quatro tipos de turfa (Adaptado de Raviv *et al.*, 2002).

Tipo de turfa	Espécies que a compõem	Grau de decomposição	pH	Cinzas (%)	N (%)	Densidade aparente (g/cm ³)
<i>Sphagnum</i>	<i>Sphagnum</i>	Muito baixo	3-4	1-5	0,6-1,4	0,07-0,11
<i>Hypnum</i>	<i>Hypnum</i> ; <i>Polystrichum</i> ; <i>Sphagnum</i> spp.	Baixo	5-7	4-10	2-3,5	0,08-0,16
<i>Reed-sedge</i>	<i>Juncus</i> ; <i>Carex</i> e <i>Eriophorum</i> ; <i>Molinea</i> ⁽¹⁾	Médio	4,0-7,5	5-18	1,5-3,5	0,16-0,29
<i>Humus</i>	Não distinguível	Elevado	5,0-7,5	10-50	2-3,5	0,32-0,65

⁽¹⁾ ICNF (s.d.).

2.4.1.1.2. Fibra de coco

A fibra de coco é o mesocarpo do fruto, um desperdício da indústria do coco (Arenas *et al.*, 2002; Soria & Olivert, 2002) com baixo grau de decomposição (Brito & Mourão, 2012) proveniente de países situados nos trópicos (ex.: Sri Lanka, Índia, Filipinas, Costa do Marfim e México) (Quintero *et al.*, 2011).

A fibra de coco, devido às suas propriedades físicas e químicas, é uma alternativa ao uso de turfa (Arenas *et al.*, 2002), podendo ser utilizada per si ou como ingrediente de uma mistura para cultivo de vegetais e flores de corte, bem como para vasos de plantas, mudas de árvores e plantas jovens e como meio de enraizamento de estacas sob elevada humidade (Raviv *et al.*, 2002).

Entre as suas propriedades físicas é de salientar a baixa densidade aparente (0,04 a 0,08 g/cm³) (Evans *et al.*, 1996), a elevada porosidade total (> 93%) e a elevada capacidade de armazenar água. A fibra de coco encolhe-se ligeiramente quando se deixa secar (Soria & Olivert, 2002) e o seu volume comprimido pela adição de água pode-se expandir 5 a 9 vezes (Quintero *et al.*, 2011). Este substrato possui também elevada capacidade de tampão térmico (“*capacidad de amortiguamiento térmico*”), o que é importante para climas com temperaturas ambientais extremas, elasticidade e resistência à compressão e elevada durabilidade, que pode alcançar mais de cinco anos, se manuseada corretamente (Quintero *et al.*, 2011). Em relação à turfa tem maior percentagem de lenhina e celulose, o que a torna mais resistente à decomposição por microrganismos e é mais fácil de humedecer depois de seca (Matos, 2011).

Devido às suas características físicas é muito utilizada para melhorar as propriedades físicas e químicas dos solos agrícolas porque incrementa a retenção de água, melhora a disponibilidade de nutrientes, aumenta a taxa de infiltração, a porosidade total e a condutividade hidráulica dos solos; além disso, apresenta um elevado teor em potássio, que pode ser utilizado como nutriente em culturas ao ar livre (Quintero *et al.*, 2011).

Em relação às suas propriedades químicas, a fibra de coco apresenta:

- 1) Baixo pH, usualmente varia entre 4,76 e 6,25 (Tabela 3) e baixo poder tampão (Soria & Olivert, 2002);
- 2) CTC média a alta;
- 3) Alta relação carbono/azoto (C/N) quando comparada com a turfa, devido aos baixos teores de azoto (Abad *et al.*, 2002). A relação C/N da fibra de coco mencionada na literatura varia muito (Lemaire, 1997). Arenas *et al.* (2002) encontraram valores de relação C/N para fibra de coco de 117/1.

Um dos maiores problemas da fibra de coco é a elevada salinidade (Matos, 2011), que se deve à presença de níveis altos de cloreto de sódio e potássio (Soria & Olivert, 2002) resultante do contato das fibras com a água do mar nas zonas de origem, razão pela qual é conveniente analisar previamente a salinidade do material e, se necessário, lavar com água com baixo teor em sais (Matos, 2011; Quintero *et al.*, 2011). À semelhança da turfa tem um certo carácter estimulador do crescimento da planta (Soria & Olivert, 2002). Não sendo um material quimicamente inerte possui baixos teores de nutrientes exceto de fósforo e potássio (Matos, 2011).

Tabela 3 – Propriedades físicas, físico-químicas e químicas de treze amostras de fibra de coco comparadas com uma turfa *Sphagnum* (Adaptado de Soria & Olivert, 2002).

Propriedade	Fibra de coco		Turfa <i>Sphagnum</i>
	Intervalo	Média	
Índice de grossura (%) ⁽¹⁾	11 - 66	34	63
Densidade aparente (g/cm ³)	0,020 – 0,094	0,059	0,084
Porosidade total (%vol.)	93,8 – 98,7	96,1	94,2
Capacidade de arejamento (%vol.)	22,2 – 90,5	44,9	41,2
Água facilmente disponível (%vol.) ⁽³⁾	0,7 – 36,8	19,9	22,5
Água de reserva (%vol.) ⁽⁴⁾	0,1 – 7,8	3,5	4,4
Capacidade de retenção de água (ml/l substrato)	110 - 797	523	620
Contração (%vol.) ⁽⁵⁾	n.d. ⁽²⁾ - 28	14	13
pH	4,76 – 6,25	5,71	3,17
Condutividade elétrica (dS/m)	0,39 – 6,77	3,52	0,21
Capacidade de troca catiónica (m.eq./100g)	31 - 97	61	100
Matéria orgânica total (%)	88,6 – 95,7	93,8	97,9
Relação C/N	74 - 194	132	48
Elementos assimiláveis (ppm)			
N-NO ₃ ⁻	n.d. – 1,7	0,21	0,8
N-NH ₄ ⁺	n.d. – 1,8	0,14	7,4
P	7,4 - 104	41	1,7
K ⁺	115 - 2343	956	10
Ca ⁺⁺	6,9 - 114	26	27
Mg ⁺⁺	2,6 - 59	20	4,4
Cl ⁻	27 - 2242	1085	22
SO ₄ ²⁻	2,5 - 314	23	20
Na ⁺	25 - 294	137	

⁽¹⁾ % em peso de partículas com Ø>1mm;

⁽²⁾ Não determinado;

⁽³⁾ Água facilmente disponível, ou facilmente utilizável, corresponde à diferença entre a água retida a pF1 e a água retida a pF1,7 (Brito & Mourão, 2015). Corresponde à água que a planta pode consumir sem gastar energia (Cadañia, 2005);

⁽⁴⁾ Água de reserva corresponde à diferença entre a água retida a pF1,7 e a água retida a pF2 (Brito & Mourão, 2015). É o volume de água que, embora continue disponível para as plantas, requer um maior esforço para a sua extração e que pode ser utilizado pelas plantas em situações de stresse (Matos, 2011). O teor ótimo de água de reserva num substrato deve situar-se entre 4 e 10% (Abad, 1993). A soma da água de reserva com a água facilmente disponível corresponde à água disponível, isto é, ao volume de água que pode ser absorvido pelas plantas (Matos, 2011);

⁽⁵⁾ Percentagem de perda de volume quando o substrato seca. A contração do volume facilita a compactação do substrato, a compressão das raízes e diminui a eficiência de rega e fertilização. O nível ótimo de contração em percentagem deve ser inferior a 30 (Abad, 1993).

3. Material e métodos

3.1. Tratamentos e delineamento estatístico

O trabalho teve como objetivo estudar a influência de diferentes substratos no crescimento de espinafres da variedade “Tapir” em ambiente protegido. O ensaio foi realizado numa estufa com armação metálica e cobertura em plástico térmico, situada no terreno da antiga Horta experimental da Herdade da Mitra, na Universidade de Évora.

Para o efeito foi realizado um ensaio com três tratamentos (substratos comerciais), delineado em blocos casualizados com cinco repetições (Figura 9). Os tratamentos foram: Substrato Universal Agriloja (I), Torfkultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor (II) e Fibra de coco Pelemix espanhã S.L. (III) cujas características se apresentam na Tabela 4.

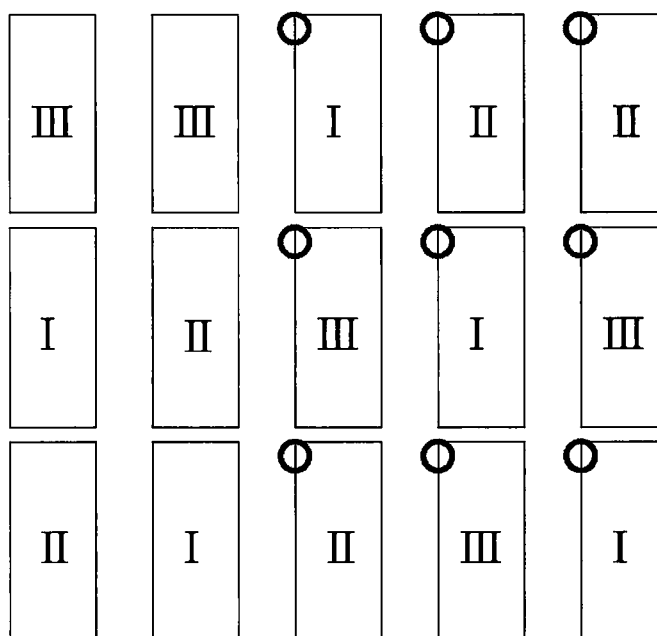


Figura 9 – Disposição experimental do ensaio. ○ Copos para recolha da água de drenagem.

Tabela 4 - Características dos substratos comerciais.

	“Substrato Universal Agriloja”⁽¹⁾	“Super terra hawita-flor”⁽²⁾	“Fibra de coco españa S.L.”⁽³⁾
Granulometria (mm)	< 15		
Humidade (%)	40 – 60		
Capacidade de retenção de água (ml/l)		680	8 – 9 vezes o seu peso
Matéria orgânica (%)	60	90	94-98
Carbono orgânico (%)			40 -50
Lenhina + hemicelulose			85 - 90
Azoto (N) (mg/l)	200 – 400	50 - 300	
Fósforo (P) (mg/l)	100 – 200	35 – 131	
Potássio (K) (mg/l)	150 – 300	66 – 332	
pH	5,5 – 6,5	6,1	5,5 - 6,5
Condutividade elétrica (CE) (mS/cm)	1 – 3	0,8	< 1
Relação C/N	< 20	53:1	80:1

⁽¹⁾ Este é um substrato de textura média produzido a partir de resíduos florestais e bagaço de uva compostados, turfa loura e fertilizante orgânico.

⁽²⁾ Este é um substrato universal, tem na sua constituição turfa loura e é utilizado para propagação de plantas por transplantação ou sementeira.

⁽³⁾ Esta fibra de coco é um produto ecológico e 100% natural segundo o fabricante.

3.2. Instalação e condução do ensaio

Os substratos foram colocados em caixas de esferovite com as seguintes dimensões: 100 cm de comprimento, 25 cm de largura na parte superior (área 0,25 m²); e 30 cm de altura (Figura 10A). Em cada caixa, a 10 cm de altura, foi colocada uma placa de esferovite (Figura 10B), sobre a qual foram adicionados 16 L de substrato. Para drenagem da água as caixas foram furadas numa esquina e colocadas com declive de 2%. A Figura 11 demonstra o aspeto dos substratos nas caixas de esferovite.

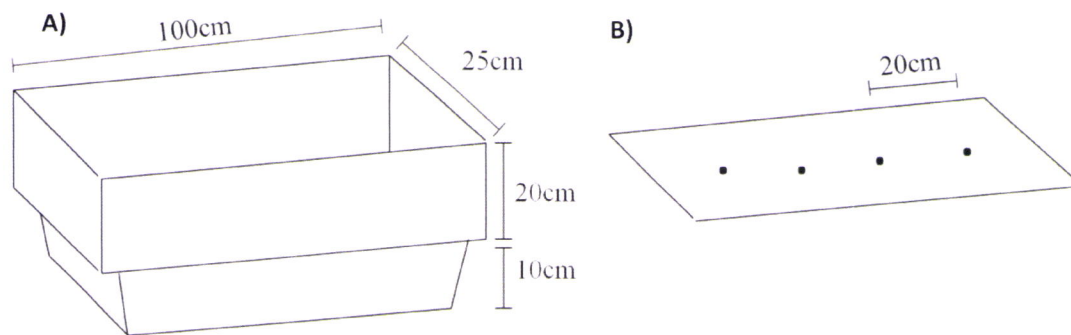


Figura 10 – Caixa de esferovite (A) e placa de esferovite com furos (B).

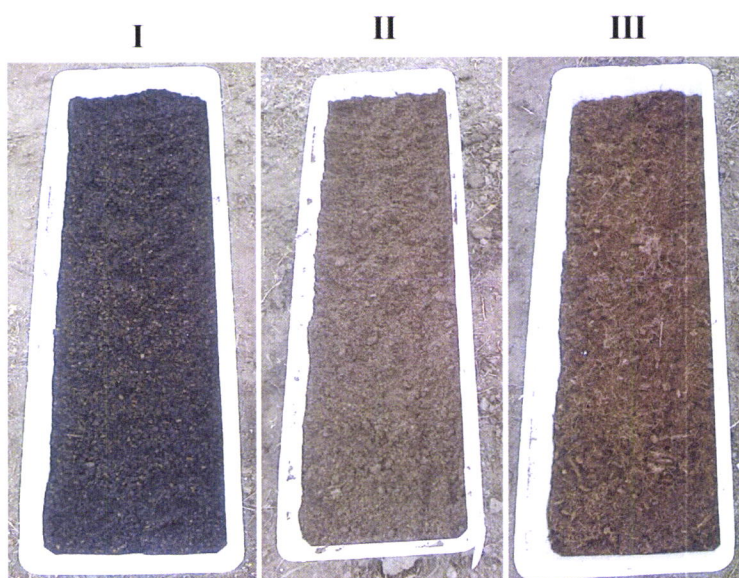


Figura 11 – Caixas de esferovite com os substratos em estudo (I - Substrato Universal Agriloja; II - Torfikultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor; e III - Fibra de coco Pelemix españa S.L).

Para determinar a capacidade de retenção de água dos substratos recorreu-se ao método descrito por Fonteno & Harden (2003). Para o efeito, fizeram-se 9 anéis (3 para cada substrato) em tubos de PVC com uma rede na parte inferior. Os anéis tinham 10,3 cm de diâmetro interno, 5 cm de altura e 59 g de tara (Figura 12A e B). Posteriormente, os anéis foram cheios com o substrato, regados com água até começar a drenar, pesados, colocados a secar durante 24 h a 105 °C e novamente pesados. Após este procedimento determinou-se a massa húmida (“*Mass wetness*”), a densidade aparente e a percentagem de humidade de cada substrato. Para o efeito utilizaram-se as equações fornecidas por Fonteno & Harden (2003):

- 1) Massa húmida = $(\text{peso húmido} - \text{peso seco}) \div \text{peso seco}$;
- 2) Densidade aparente = $\text{peso seco} \div \text{volume}$;
- 3) Teor de humidade = $[(\text{peso húmido} - \text{peso seco}) \times 100] \div \text{peso húmido}$.

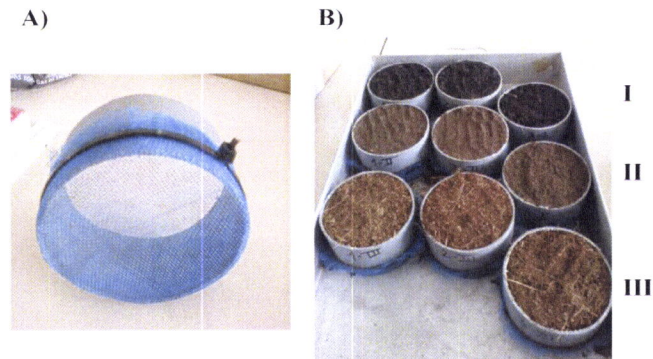


Figura 12 – Anel em PVC e rede (A) e preenchidos com diferentes substratos (B).

Aos 45 dias após emergência (dia 18-02-2014) procedeu-se à implantação da cultura através da plantação de tufos (cada tufo tinha 7 plantas) (Figura 13). Em cada caixa colocaram-se 16 tufos divididos em duas linhas, com um espaçamento de 10 cm na linha e 8,3 cm na entrelinha (Figura 14). Utilizaram-se plantas de espinafre da variedade “Tapir” que é um espinafre de ciclo curto, possui um porte ereto e pecíolos grandes, as folhas são escuras e pontiagudas, tem excelente adaptação para molhos e é recomendada para colheitas de Outono, Inverno e Primavera (Rijk Zwaan, 2014).



Figura 13 – Tufo com raiz protegida.



Figura 14 - Disposição das plantas e dos microtubos de rega.

Para a regar e fertilizar a cultura instalou-se um sistema de rega gota-a-gota com gotejadores autocompensantes com um débito de 4 L/h. De cada gotejador saíam quatro microtubos distanciados entre si 20 cm, com 60 cm de comprimento e com uma estaca com labirinto na extremidade que era enterrada no substrato (Figura 14).

Este sistema tinha a montante um depósito com a solução nutritiva. Utilizaram-se duas soluções nutritivas, uma desde a plantação até aos 20 DAP (dias após a plantação) e outra a partir dos 21 DAP até à colheita (36 DAP - dia 26-03-2014), cujas características estão apresentadas na tTabela 5. A solução nutritiva foi feita com a água de rega com uma condutividade de 0,3 mS/cm e um teor de $N-NO_3^-$ que variava entre 0,10 e 0,30 mmol/L.

Tabela 5 – Características das soluções nutritivas utilizadas.

	0 – 20 DAP	21 – 36 DAP
pH	5,9	5,9
CE (mS/cm)	1,5	1,81
Constituintes (mmol/L)		
N-NO_3^-	4,78	8,62
N-NH_4^+	1,16	1,43
P	0,43	1,70
K	4,29	4,45
Ca	1,40	1,95
Mg	0,49	0,49
S	0,54	0,54
B	0,0013	0,0013
Cu	0,00022	0,00022
Fe	0,00050	0,00050
Mn	0,00025	0,00025
Mo	0,000073	0,000073
Zn	0,00021	0,00021

A solução nutritiva foi aplicada diariamente, desde a plantação até à colheita. A duração do tempo de rega foi evoluindo conforme as condições climáticas e com o crescimento das plantas. Em todas as regas foi obrigatória a existência de drenagem, a

qual se devia situar entre 20 a 30 % da quantidade de água aplicada. Para o efeito foram efetuadas semanalmente várias colheitas da água drenada para verificar a quantidade e assim ajustar a rega. A rega foi efetuada entre as 9 e as 18 horas, a frequência de rega variou entre 4 a 7 regas diárias e o tempo cada rega variou entre 3 e 12 minutos.

Durante o período experimental a temperatura na estufa variou entre 5 e 26 °C. A radiação solar (RS) ao ar livre variou entre 54,8 e 254,5 W/m² (Figura 15) (Centro de Geofísica de Évora – dados da estação meteorológica da Mitra, 2014).

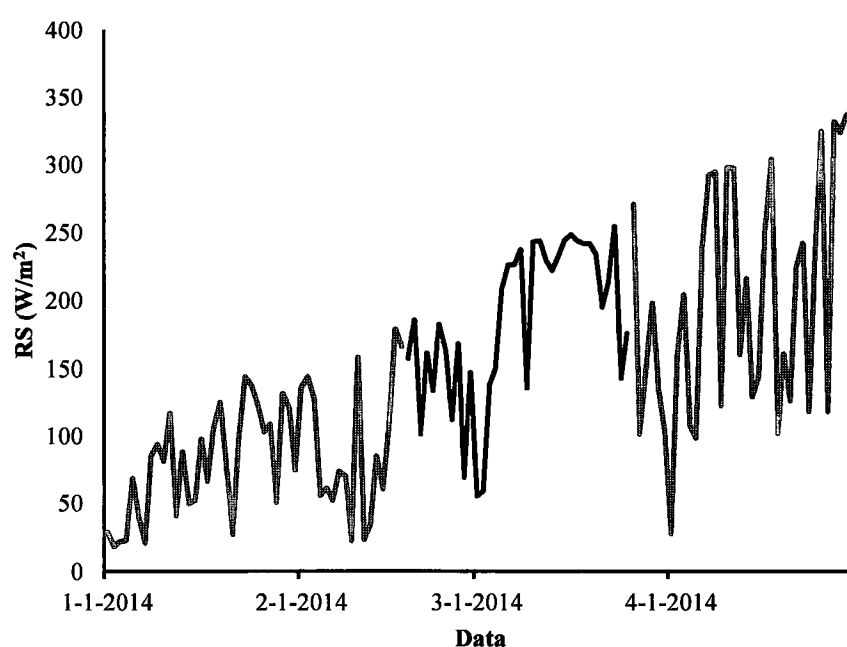


Figura 15 – Radiação solar durante o período experimental.

Fonte: Centro de Geofísica de Évora - dados da estação da Mitra (2014)

As Figura 16 e 17 mostram, respetivamente, o aspeto inicial do ensaio após implantação da cultura e instalação do sistema de rega e o aspeto das plantas aquando da colheita.



Figura 16 – Aspeto do ensaio após a implantação da cultura e instalação do sistema de rega.



Figura 17 – Aspeto das plantas na altura da colheita.

3.3. Parâmetros medidos

Ao longo do período experimental mediu-se semanalmente o pH, a CE e o teor em nitrato na água drenada e realizaram-se leituras SPAD aos 24 e 36 DAP. A medição do pH, da CE e do nitrato foi realizada respetivamente com um potenciómetro (Micro pH 2000, Crison), um condutivímetro (LF 330) e um elétrodo seletivo para nitrato (Crison, 2002). As leituras SPAD foram realizadas com um medidor portátil marca Minolta SPAD-502 (Figura 18) antes das 10 h, em 4 folhas jovens completamente expandidas de diferentes plantas do mesmo tratamento elementar.



Figura 18 - Minolta SPAD-502.

As plantas de cada caixa foram colhidas aos 36 DAP. A parte aérea da planta foi cortada à superfície do substrato e procedeu-se à determinação da produção por caixa. Por caixa, selecionaram-se aleatoriamente 2 tufos, nos quais se contabilizou o número de plantas, determinou-se a matéria seca por tufo e por planta, a concentração total de azoto nas folhas e a concentração de nitrato nos pecíolos e nos limbos das folhas.

A determinação da matéria seca foi feita, após secagem das folhas em estufa ventilada, a uma temperatura de 60 °C durante 48 h (Figura 19).



Figura 19 – Aspeto da matéria seca das folhas antes de macerar.

O azoto total nas folhas foi determinado na matéria seca (pecíolos + limbos) (Figura 20) com um analisador de combustão (Leco, 1998).

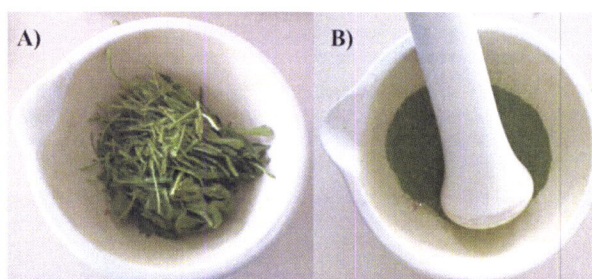


Figura 20 – Aspeto da matéria seca das folhas antes (A) e depois de macerada (B).

A determinação do teor de nitrato existente nos pecíolos e nos limbos de folhas de espinafre foi realizada de acordo com o método descrito por Lastra (2003). Este método consiste em: secar as amostras em estufa ventilada a 65 °C durante 24 h; macerar as amostras de material vegetal num almofariz; pesar 0,1 g de macerado de cada amostra; colocar o macerado pesado em tubos de ensaio e adicionar-lhe 10 mL de água destilada; agitar os tubos de ensaio no vortex; colocar em banho-maria com

agitação a 45 °C durante 1 h para extração do nitrato; filtrar as amostras em papel de filtro Whatman N°40, com 125 mm de diâmetro, colocados em funis de vidro; transferir 0,1 mL de filtrado para novos tubos de ensaio; adicionar nos novos tubos de ensaio com filtrado 0,4 mL de solução de ácido salicílico em ácido sulfúrico 5 % (m/v); agitar os tubos no vortex; incubar durante 20 minutos à temperatura ambiente; adicionar a cada tubo 9,5 mL de hidróxido de sódio 2 M; agitar no vortex; finalmente o cromóforo foi quantificado pela leitura da absorvância num espectrómetro de absorção molecular (Thermo Scientific, Genesys 10S UV-VIS) nos comprimentos de onda de 338 nm e 440 nm.

Para o efeito utilizou-se uma amostra de cada caixa, num total de 30 amostras, 15 pecíolos (Figura 21) e 15 limbos (Figura 22).

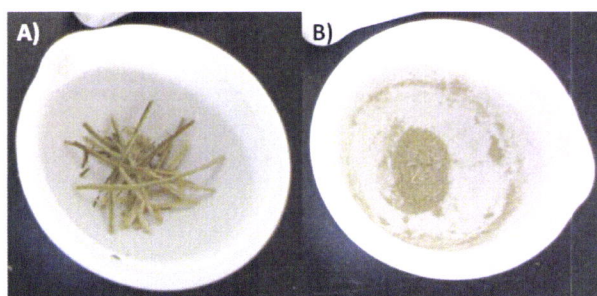


Figura 21 – Aspeto da matéria seca dos pecíolos antes (A) e depois de macerada (B).

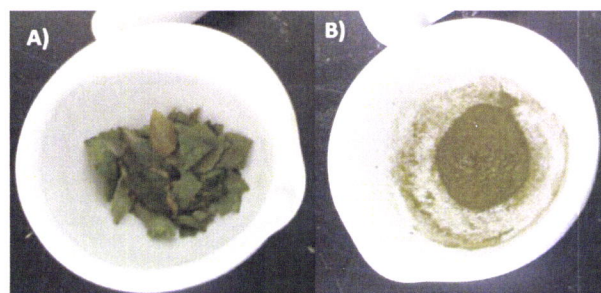


Figura 22 – Aspeto da matéria seca dos limbos antes (A) e depois de macerada (B).

O mesmo procedimento foi feito para um tubo em branco para termo de comparação.

Para a obtenção do teor de nitrato existente em pecíolos e limbos, foi utilizado um método de espectrometria de absorção molecular com o auxílio de uma curva de

calibração. Esta curva foi obtida de acordo com a lei de Lambert-Beer, com base nas leituras das absorvências a 440 nm e 338 nm de amostras de concentração de nitrato conhecida, mais concretamente com 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 e 100 mg de nitrato de potássio/L, preparadas com a adição das mesmas soluções já descritas anteriormente (ácido salicílico em ácido sulfúrico, e hidróxido de sódio). A única alteração foi a utilização do nitrato de potássio, como padrão, em substituição do extrato de material vegetal. Após as leituras, subtraiu-se do valor da leitura a 338 nm o valor da leitura a 440 nm e com os valores obtidos ajustou-se uma reta de regressão linear da qual se obteve a equação: $y = 0,0000689x$ (Figura 23). Para os valores das leituras de material vegetal procedeu-se do mesmo modo, ou seja, subtraiu-se do valor da leitura a 338 nm o valor da leitura a 440 nm, sendo os valores resultantes substituídos na equação, previamente resolvida em ordem a x, sendo utilizado o fator de conversão 10, donde se obteve, expresso em mg/g de peso seco de material vegetal, o teor de nitrato presente nos caules e folhas referentes a cada tratamento.

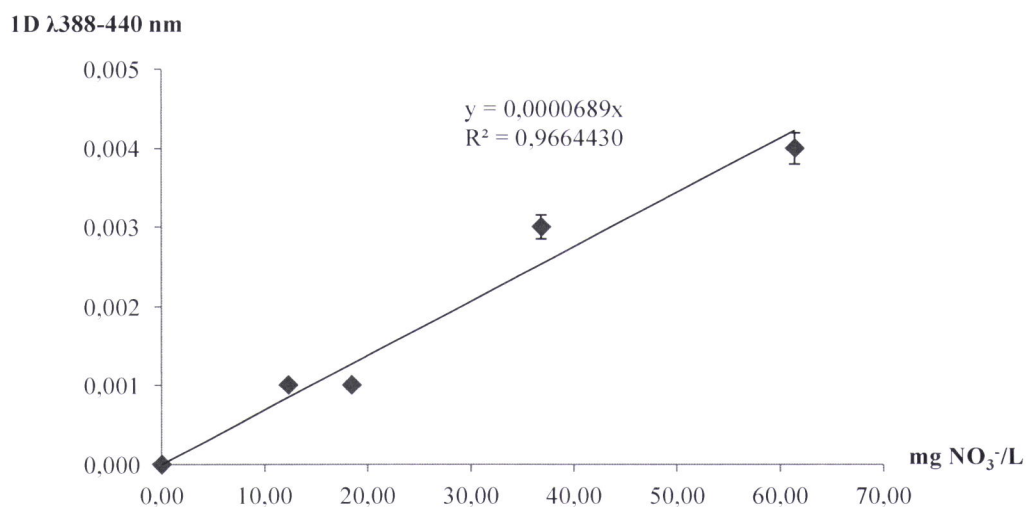


Figura 23 - Curva de calibração utilizada na medição do teor de nitrato. As barras de erro representam uma percentagem de erro de 5%.

O tratamento dos dados foi feito através da análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias, com recurso ao programa de análise estatística IBM SPSS Statistics 20.

4. Resultados e discussão

4.1. Características dos substratos

A massa húmida, o teor de humidade e a densidade aparente variaram significativamente com o substrato (Tabela 6). O substrato II foi o que apresentou maior capacidade de retenção de água e menor densidade aparente. Os valores obtidos aproximam-se aos valores apontados por Fonteno & Harden (2003) para turfa *Sphagnum* e fibra de coco respetivamente.

Tabela 6 - Massa húmida, teor de humidade e densidade aparente dos substratos (média ± erro-padrão).

Substrato	Massa húmida (g água/g substrato)	Teor de humidade (% p/p)	Densidade aparente (g/cm ³)
I (Substrato Universal Agriloja)	2,40 ± 0,02 c ⁽¹⁾	70,55 ± 0,18 c	0,27 ± 0,003 a
II (Torfkultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor)	7,29 ± 0,69 a	87,76 ± 0,11 a	0,10 ± 0,013 c
III (Fibra de coco Pelemix espanha S.L.)	4,75 ± 0,30 b	82,50 ± 0,96 b	0,14 ± 0,006 b

⁽¹⁾ Letras diferentes dentro da mesma coluna indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

4.2. Características da água drenada

4.2.1. pH

A análise da Figura 24 permite-nos verificar que o pH da solução nutritiva variou entre 5,77 e 7,05, ou seja, ligeiramente acima do intervalo pretendido (entre 5,6 e 6,5). A variação do pH da solução nutritiva é um comportamento normal; o pH das soluções

varia continuamente, porque uma grande parte dessas não tem capacidade tampão. Contudo, variações entre 4,5 a 7,5 são toleradas, porque não afetam o crescimento das plantas (Marschner, 2012).

O pH da água drenada foi influenciado pelo tipo de substrato, apresentando o substrato II (Torfkultursubstrat I Super Terra Hawita-Flor) valores mais elevados de pH (entre 6,84 e 7,55). O pH dos tratamentos I (Substrato Universal Agriloja) e III (Fibra de coco Pelemix españa S.L.) apresentou valores semelhantes, embora os do I tenham variado mais ao longo do ensaio. As variações de pH que ocorrem na solução nutritiva drenada estão relacionadas com a absorção diferenciada de cátions e ânions (Moore, 1974), da capacidade de troca catiónica dos substratos e do teor e natureza dos íons presentes no substrato. Por exemplo, quando o azoto é fornecido na forma nítrica, há um aumento da concentração do íon hidróxido (OH⁻) na solução drenada (Marschner, 2012). Na solução utilizada no presente trabalho, até aos 21 DAP, 80 % do azoto era fornecido na forma nítrica e a partir dessa data 86 %, o que pode explicar em parte o aumento do pH da solução drenada.

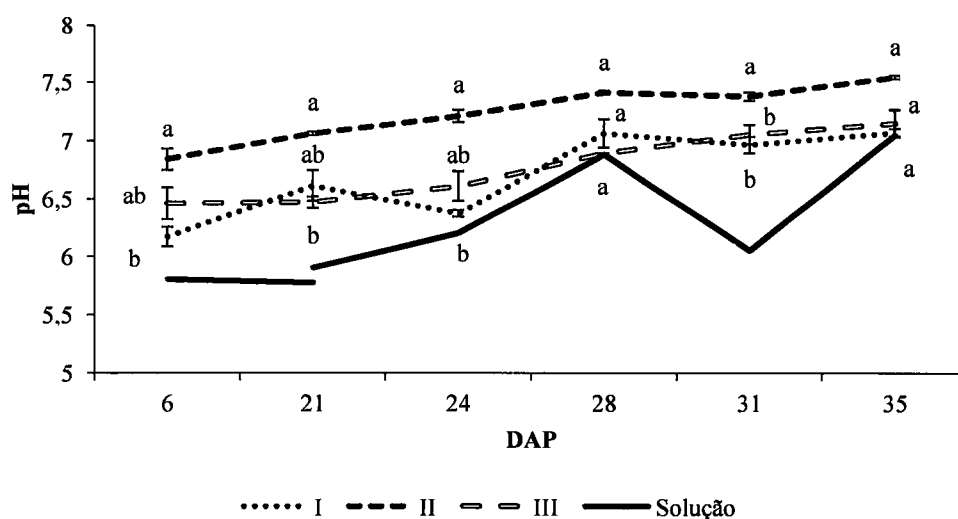


Figura 24 - pH da água drenada aos 6, 21, 24, 28, 31 e 35 DAP nos três substratos. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes dentro da mesma data têm diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

4.2.2. Condutividade elétrica

A CE da solução nutritiva ao longo do ensaio variou entre 1,41 e 1,98mS/cm (Figura 25), valores de um modo geral superiores ao da solução drenada.

A CE da solução drenada foi afetada pelo tipo de substrato, o que está relacionado com a diferente capacidade de troca iónica dos diferentes substratos e com os nutrientes que possuíam (Tabela 4). A CE da água drenada dos tratamentos I e II foi semelhante (Figura 25).

Na primeira medição (6 DAP) verifica-se que a CE da água drenada na fibra de coco é mais elevada do que a da solução nutritiva, o que pode estar relacionado com o facto de este substrato muitas vezes apresentar elevada salinidade, devido a níveis altos de cloreto de sódio e potássio (Soria & Olivert, 2002; Matos, 2011; Quintero *et al.*, 2011), que foram arrastados pela água.

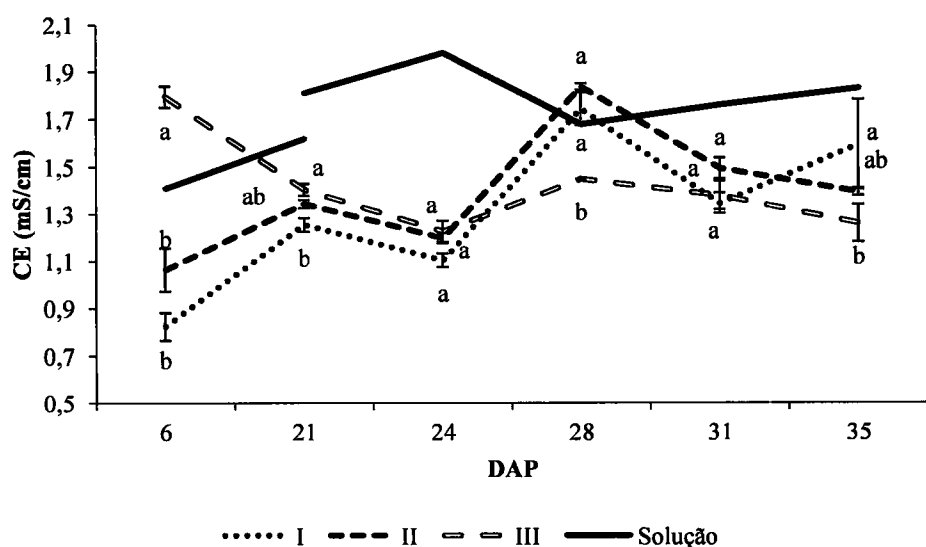


Figura 25 - Condutividade elétrica da água drenada aos 6, 21, 24, 28, 31 e 35 DAP nos três substratos. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes dentro da mesma data têm diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

4.2.3. Teor em nitrato

O teor de nitrato na solução nutritiva até aos 21 DAP aumentou. O acréscimo de nitrato na segunda data de medição pode estar relacionado com variações do teor desse nutriente na água, pois a quantidade de N-NO_3^- aplicada na solução aos 6 e 21 DAP foi igual. A partir dos 21 DAP o teor de nitrato manteve-se estável, variou entre 498 e 514,52 mg/L (Figura 26).

O teor de nitrato na água drenada foi afetado pelo tipo de substrato. O teor de nitrato na água drenada dos tratamentos I e II é semelhante (exceto aos 35 DAP) e superior ao da fibra de coco (Figura 26), o que pode estar relacionado com o azoto que existia nos substratos (200 – 400 mg/L no substrato I e 50 – 300 mg/L no substrato II) (Tabela 4) e com a capacidade da fibra de coco para imobilizar azoto solúvel (Cresswell, 1992; Handreck, 1992; Prasad, 1997; Merhaut & Newman, 2005).

O teor em nitrato da solução drenada dos tratamentos I, II e III variou respetivamente entre 50,97 e 477,57 mg/L, 70,97 e 519,38 mg/L e entre 61,98 e 286,70 mg/L. Tendo em consideração os elevados valores de nitrato na água drenada, é fundamental o seu aproveitamento e aplicação noutras culturas para reduzir a poluição dos solos e da água, à semelhança do que já é feito em algumas explorações, como tivemos oportunidade de observar em algumas visitas de estudo realizadas no âmbito do curso.

O teor de nitrato excetuando o valor observado aos 6 DAP na fibra de coco apresentou uma tendência semelhante à CE.

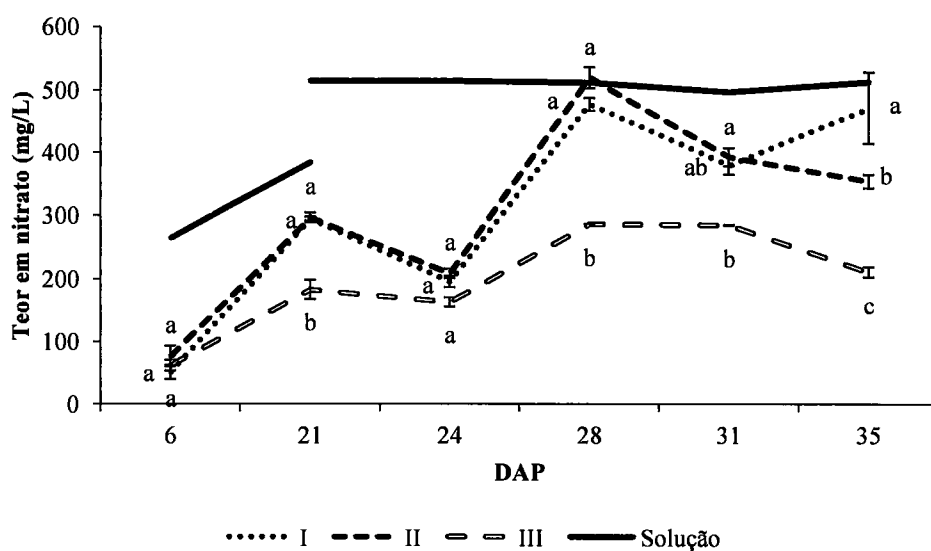


Figura 26 - Teor em nitrato da água drenada aos 6, 21, 24, 28, 31 e 35 DAP nos três substratos. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes dentro da mesma data têm diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

4.3. Crescimento da planta

4.3.1. Peso fresco e seco

O número de plantas por tufo e o peso fresco e seco por tufo não foi afetado pelo tipo de substrato (Figura 27). O peso fresco variou entre 87,93 e 102,98 g e o peso seco entre 8,63 e 11,04 g, correspondendo, em ambos os casos, o valor mais elevado ao tratamento II.

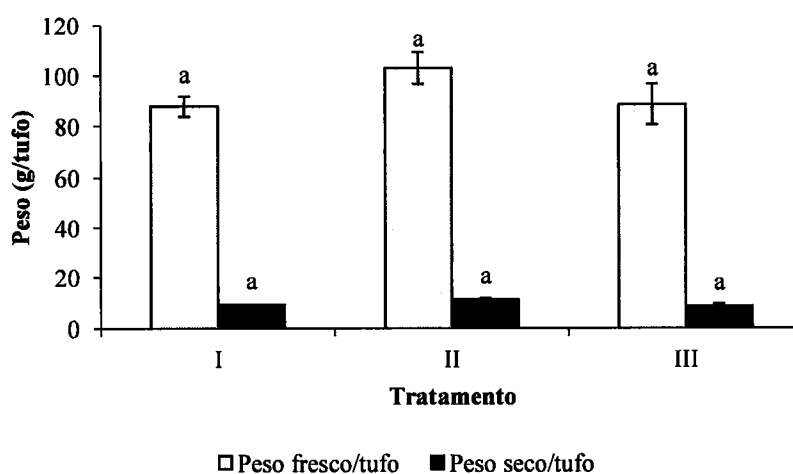


Figura 27 - Efeito dos tratamentos no peso fresco e seco por tufo (g/tufto). As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

O peso fresco e seco por planta não foi afetado significativamente pelo tipo de substrato (Figura 28). O peso fresco por planta variou entre 12,63 e 15,87 g e o seco entre 1,22 e 1,71 g. À semelhança do que aconteceu no peso fresco e seco por tufo o tratamento II foi o que conduziu a valores superiores. Valores idênticos de peso fresco (15,6 g/planta) foram obtidos por Huang *et al.* (2010). Os valores de peso seco foram semelhantes aos encontrados por Liu *et al.* (2006) que registaram valores entre 1,02 e 1,40 g por planta para aplicações de azoto entre 60 e 240 mg/kg de solo.

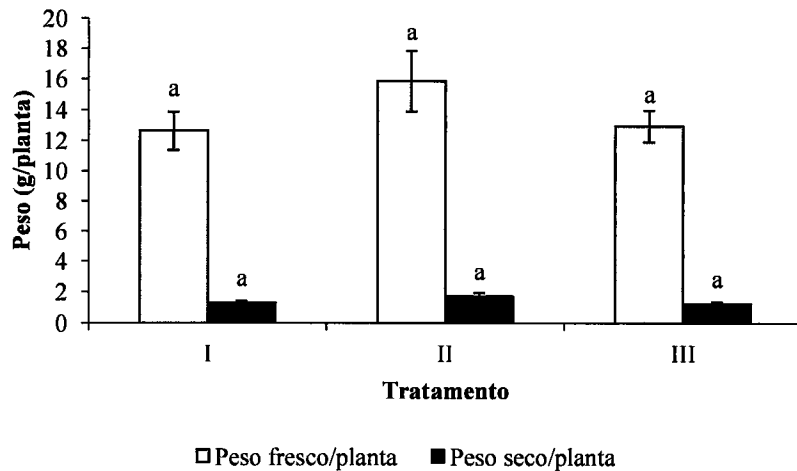


Figura 28 - Efeito dos tratamentos no peso fresco e seco por planta (g/planta). As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

A percentagem de matéria seca não foi significativamente afetada pelo tipo de substrato. No entanto, foi mais baixa no tratamento III (9,3 %) (Figura 29). Nos tratamentos I e II a percentagem de matéria seca variou entre 10,19 e 10,7 % respetivamente. Estes valores são assim semelhantes aos obtidos por Canali *et al.* (2011) (entre 10,2 e 10,8 %).

Tendo em conta estes resultados verifica-se que o tratamento que possuía o substrato fibra de coco (III) foi o que conduziu a maiores percentagens de água, 90,70%.

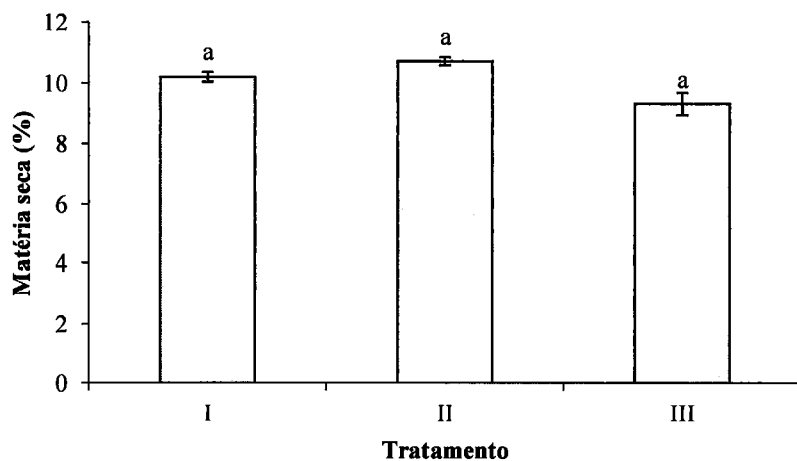


Figura 29 - Efeito dos tratamentos na percentagem de matéria seca. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

4.3.2. Produção

A produção de matéria verde foi afetada significativamente pelo tipo de substrato, sendo significativamente mais elevada no tratamento II, com uma produção de 4,51 kg/m² (Figura 30). A produção nos tratamentos I e no III não apresentou diferenças significativas variando entre 3,96 e 3,88 kg/m². Estes valores são semelhantes à produção mais elevada obtida por Conesa, *et al.* (2009) num ensaio em “floating system” com diferentes razões NO₃⁻/NH₄⁺ cuja produção variou entre 2,40 e 4,30 kg/m² e por Canali *et al.* (2011) em ensaio em solo com uma produção média de 3,99 kg/m². Num ensaio em solo, Canali *et al.* (2014) obtiveram valores ligeiramente inferiores (3,59 kg/m²). Os rendimentos obtidos situam-se no intervalo mencionado por Gardé & Gardé (1988) (2 – 5 kg/m²). Assim, podemos afirmar que a produtividade foi elevada nos diferentes tratamentos.

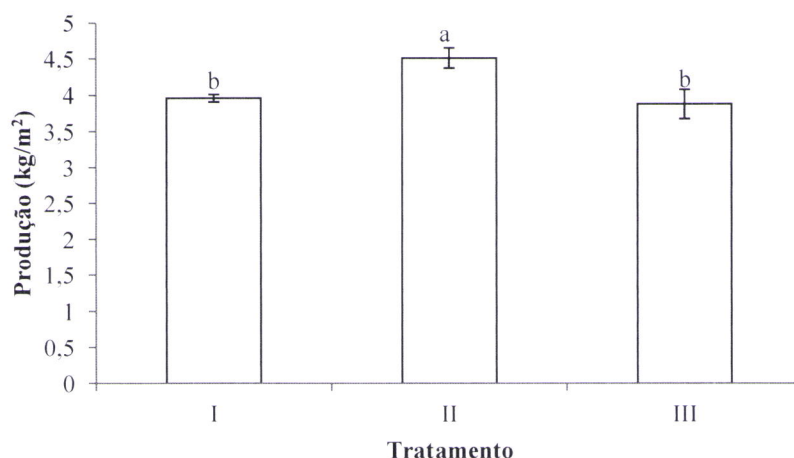


Figura 30 - Efeito dos tratamentos na produção de espinafre (kg/m²). As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

4.4. Concentração de azoto e nitrato nas folhas

4.4.1. Concentração de azoto

A concentração de azoto na matéria seca das folhas (pecíolo + limbo) foi influenciada significativamente pelo tipo de substrato, tendo sido mais elevada no

tratamento III (fibra de coco) (Figura 32). É de realçar que na fibra de coco apesar de não estar previamente enriquecida em azoto (Tabela 4), ao contrário dos outros substratos, apresentou a maior concentração de azoto na matéria seca.

A concentração de azoto na matéria seca nos substratos I, II e III foi respetivamente de 3,22, 3,59 e 3,79 %. No substrato I a concentração de azoto foi inferior à considerada como suficiente ou adequada por Mills & Jones (1996) (3,5 a 5,5 %) para espinafre no estado de colheita. Contudo, as plantas dos diferentes tratamentos não apresentaram sintomas visuais de deficiência de azoto ou de qualquer outro nutriente. As folhas das plantas dos diferentes tratamentos apresentavam um aspeto suculento e uma tonalidade verde escura (Figura 31). O que assume importância do ponto de aceitabilidade pelo consumidor.



Figura 31 – Aspeto das plantas antes da colheita.

Num ensaio em vasos com diferentes aplicações de azoto Liu *et al.* (2006) registaram valores de N na matéria seca entre 2,11 e 4,80 %. Num ensaio ao ar livre, com duas formas de azoto (libertação rápida e libertação lenta), Shaheen *et al.* (2012) obtiveram valores de N na matéria seca entre 2,45 (controlo) e 4,97 %. Valores superiores, entre 5,7 e 6,0 %, foram registados por Canali *et al.* (2011) num ensaio ao ar livre com diferentes doses de azoto.

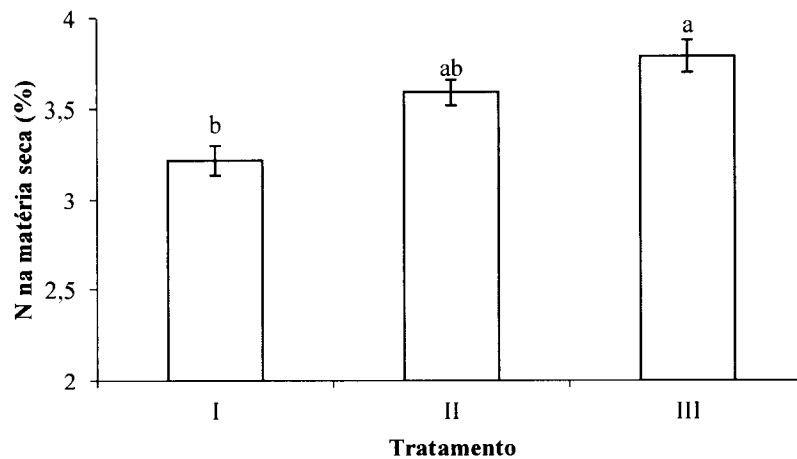


Figura 32 - Efeito dos tratamentos na percentagem de N na matéria seca. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

4.4.2. Concentração de nitrato

O teor de nitrato (mg/g de peso seco) nos pecíolos e nos limbos não foi afetado significativamente pelo tipo de substrato utilizado e não se verificaram diferenças significativas entre pecíolo e limbo (Figura 33). Este resultado não está de acordo com o observado por Beis *et al.* (2002), Anjana *et al.* (2007a) e Huang *et al.* (2010), que verificaram que na folha de espinafre a acumulação é maior no pecíolo do que no limbo. Este comportamento pode estar relacionado com o método de produção, com as condições ambientais, com a idade da folha, etc. Os resultados de Beis *et al.* (2002), Anjana *et al.* (2007a) e Huang *et al.* (2010) referem-se a espinafre produzido em solo. Em cultura em substrato as plantas despendem menos energia na absorção de nutrientes do que em sistemas de cultivo em solo (Soria & Olivert, 2002) o que pode afetar a acumulação de nitrato nas diferentes partes da planta.

A concentração de nitrato nos pecíolos e nos limbos variou respectivamente entre 32,41 e 40,64 mg/g de peso seco e entre 39,19 e 44,03 mg/g de peso seco.

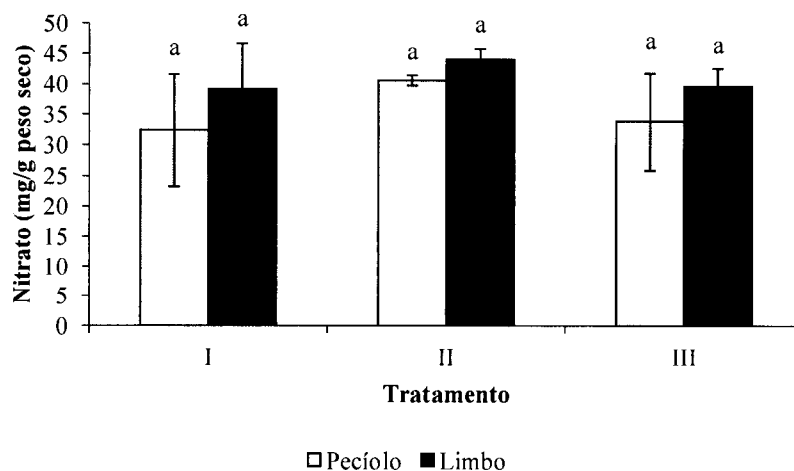


Figura 33 - Efeito dos tratamentos na concentração de nitrato em pecíolos e limbos (mg/g de peso seco). As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

O teor de nitrato na matéria fresca da folha (pecíolo + limbo) também não foi afetado significativamente pelo tipo de substrato (Figura 34). A concentração de nitrato em cada grama de material vegetal fresco variou entre 3,63 e 4,57 mg/g, tendo correspondido o teor mais baixo ao tratamento I. Estes valores são superiores ao permitido pelo Regulamento (UE) nº1258/2011 da Comissão Europeia para espinafres frescos (3,5 mg/g). Contudo, a análise da bibliografia permite-nos verificar que a concentração de nitrato em folhas de espinafre produzidas em estufa, em solo ou em sistemas de CSS ultrapassam frequentemente o valor permitido pela UE.

O teor de nitrato acumulado em espinafres produzidos em estufa é mais elevado do que os produzidos ao ar livre, devido às condições específicas a que as culturas se encontram sujeitas, principalmente temperatura e intensidade luminosa (Marques, 2012). O teor de nitrato em alface e rúcula cultivadas em hidroponia foi mais elevado do que em agricultura convencional e biológica (Guadagnin *et al.*, 2005).

O teor de nitrato no peso fresco de espinafres produzidos em estufa varia entre 2,6 e 4,9 mg/g peso fresco (Eysinga, 1984). Em estufa, em “*floating system*”, Conesa *et al.* (2009) obtiveram valores entre 2,73 e 4,94 mg/g de peso fresco. Em estufa, Kaminishi & Kita (2006) obtiveram valores que variaram entre 3,8 e 4,3 mg/g de peso fresco.

Para o teor mais elevado de nitrato acumulado (> 3,5 mg/g de matéria fresca), pode ter também contribuído a baixa intensidade luminosa e menor fotoperíodo que se

fez sentir na época em que os espinafres foram produzidos, fim do Inverno e início da Primavera. A luz promove a atividade da enzima nitrato redutase e consequente aumenta a velocidade de redução do nitrato (Doñate, 2013), a intensidade luminosa está inversamente correlacionada com a acumulação de nitrato (Anjana *et al.*, 2007a). Elevada intensidade luminosa e fotoperíodos mais longos reduzem a acumulação de nitrato (Neely *et al.*, 2010). Acresce que o filme de cobertura da estufa, também contribui para a redução da intensidade luminosa, pois os plásticos de um modo geral deixam passar apenas 85 a 90 % da radiação fotossinteticamente ativa (comprimentos de onda entre 380 a 760 nm).

A elevada concentração de nitrato na solução nutritiva (até aos 20 DAP, 80% do azoto fornecido na forma nítrica e a partir dessa data 86%), também pode ter contribuído para o elevado teor de nitrato na matéria fresca. Contudo, é de realçar que total de azoto aplicado na forma nítrica e na amoniacal na solução foi muito inferior ao de outras soluções como a de Hoagland & Arnon (14 mmol/L), a de Hewitt (1996) (12 mmol/L de N) e a de Conesa *et al.* (2009) e Wang *et al.* (2009) em espinafre (12 mmol/L de N).

O teor de nitrato não esteve relacionado com a concentração de N nas folhas.

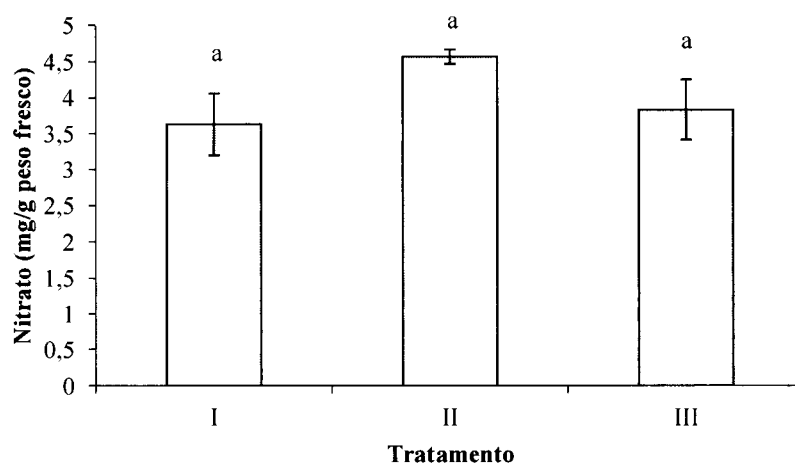


Figura 34 – Efeitos dos tratamentos na concentração de nitrato em folhas, em mg/g de peso fresco. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

4.4.3. Leitura SPAD

A análise da Figura 35 permite-nos verificar que aos 24 e aos 36 DAP a leitura SPAD (teor relativo de clorofila) foi significativamente afetada pelo tipo de substrato, tendo sido mais elevada no tratamento II (43,85). As leituras correspondentes ao tratamento II estão dentro do intervalo de valores registados por Conesa *et al.* (2009) (40,2 e 47,5). A leitura SPAD nos diferentes substratos não foi afetada significativamente pela data de medição.

Os valores médios das leituras SPAD nas duas datas de medição não estiveram relacionados com o teor de N nas folhas à colheita, que foi significativamente mais elevado nos tratamentos II e III (Figura 35). Pelo contrário Liu *et al.* (2006) verificaram que a leitura SPAD foi influenciada pelo nível de azoto e esteve relacionada com o teor de azoto e nitrato nas folhas, o que pode estar relacionado com os níveis de azoto aplicados, pois Canali *et al.* (2014) em espinafre observaram que a dose de azoto não afetou a leitura SPAD. Num ensaio em “*floating system*” com a aplicação de 12 mmol/L de N em diferentes razões $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ a leitura SPAD também não foi afetada significativamente (Conesa *et al.* 2009) pela concentração de azoto nas folhas.

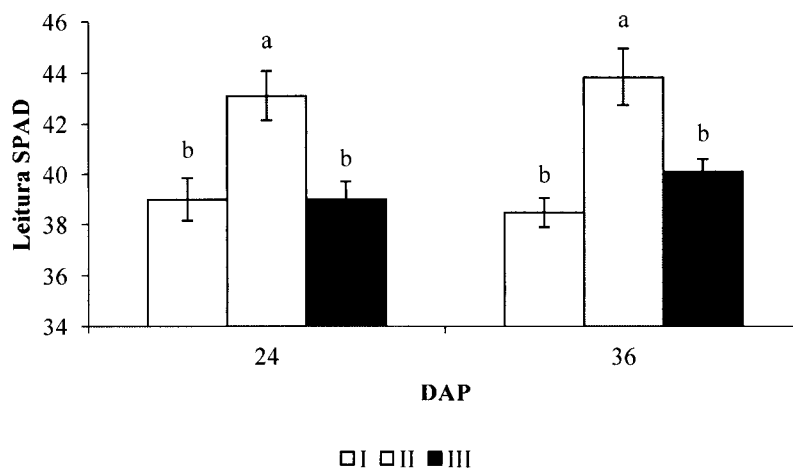


Figura 35 - Efeito dos tratamentos na leitura SPAD aos 24 e 36DAP. As barras verticais representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de significância de 5%.

5. Conclusão

A análise e discussão dos resultados permite-nos tirar as seguintes conclusões:

A biomassa aérea do espinafre (g/planta) não foi afetada pelo tipo de substrato, ainda que tenha apresentado valores mais elevados no tratamento “Torfkultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor” (1,71 g/planta).

A produção comercial foi afetada pelo tipo de substrato sendo mais elevada no tratamento com o substrato “Torfkultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor” com uma produção de 4,51kg/m². A produção no “Substrato Universal Agrilaja” e no com “Fibra de coco Pelemix españa S.L. variou entre 3,88 e 3,96 kg/m², o que face à matriz dos resultados encontrados na bibliografia são produtividades elevadas.

A concentração de azoto na matéria seca das folhas foi influenciada pelo tipo de substrato, tendo sido mais elevada nos tratamentos “Torfkultursubstrat 1 Super Terra Hawita-Flor (3,59 %) e fibra de coco (3,79 %).

O teor de nitrato na matéria fresca da folha (mg/g) não foi afetado pelo tipo de substrato e variou entre 3,63 e 4,57 mg de NO₃⁻/g de matéria fresca, o que são valores superiores ao permitido pelo Regulamento (UE) nº1258/2011 da Comissão Europeia para espinafres frescos (3,5 mg/g de matéria fresca).

Tendo em consideração que o teor de nitratos não foi afetado pelo tipo de substrato e que a produção comercial nos três substratos foi elevada pensamos que seria interessante desenvolver no futuro metodologias de manejo da solução nutritiva quer em termos de concentração de azoto ao longo do ciclo e na sua composição (ex.: rácio NH₄⁺: NO₃⁻, teor de molibdénio e de cloreto) que permitam baixar o teor de nitratos em espinafres produzidos durante o Inverno, sem reduzir a produção para níveis economicamente inviáveis.

6. Referências bibliográficas

- Abad, M. (1993). Sustratos. Características y propiedades. In F. Canovas, & J. Díaz, *Cultivo sin suelo* (pp. 47-62). Instituto de Estudios Almerienses.
- Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A., & Noguera, V. (2002). Physicochemical and chemical properties of some coconut coir dusts for uses as a peat substitute for containerized ornamental plants. *Bioresource Technology*, 82, pp. 241-245.
- Ahmed, H. A., Khalil, M., & Farrag, A. M. (2000). Nitrate accumulation, growth, yield and chemical composition of rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *Sativa*) plant as affected by NPK fertilization, kinetin and salicylic acid. In *Proceedings of ICEHM 2000* (pp. 495-508). Cairo University, Egypt.
- Almeida, D. (2006). *Manual de culturas hortícolas* (1ª ed., Vol. I). Lisboa: Editorial Presença.
- Almeida, D., & Reis, M. (2011). Introdução aos sistemas de cultura sem solo. *Vida Rural*, pp. 43-44.
- Almeida, J. d. (2012). *As hortaliças na terapêutica natural: farmacopeia natural biblioteca de medicina natural - bases clínicas e farmacológicas* (2ª ed.). Funchal: Edições SN - Saúde Natural.
- Amaro, L. F. (2009). *Caracterização da eficiência anti-radicalar e do teor em compostos fenólicos do espinafre da Nova-Zelândia (Tetragonia tetragonoides)*. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade do Porto.
- Anjana, Umar, S., & Iqbal, M. (2007a). Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 27, pp. 45-57.
- Anjana, Umar, S., Iqbal, M., & Abrol, Y. P. (2007b). Are nitrate concentrations in leafy vegetables within safe limits? *Current Science*, 92(3), pp. 355-360.
- APRIFEL - Agence pour la recherche et l'information en fruits et légumes frais. (1994). L'épinard. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 3, pp. 187-189.

- Arenas, M., Vavrina, C., Cornell, J., Hanlon, E., & Hochmuth, G. (2002). Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. *HortScience*, 37(2), pp. 309-312.
- Avsar, B. (2011). *Genetic diversity of Turkish spinach cultivars (Spinacia oleracea L.)*. Thesis for the Degree of Master of Science in Molecular Biology and Genetics, Graduate School of Engineering and Sciences of Izmir Institute of Technology, Izmir.
- Beis, G., Siomos, A., & Dogras, C. (2002). Spinach composition as affected by leaf age and plant part. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 579, pp. 653-658.
- Beozzi, S., Vasconcelos, E., Cabral, F., Silvestre, R., & Ribeiro, H. M. (2014). Utilização de resíduos orgânicos na formulação de substratos hortícolas: contribuição para a redução do uso da turfa. In M. d. Gonçalves, T. B. Ramos, & J. C. Martins (Ed.), *Solo, Produção Agrária e Sustentabilidade dos Ecossistemas* (pp. 90-96). Oeiras: Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I. P.
- Biscaro, G. A., Missio, C., Motomiya, A., Gomes, E., Takara, J., & Silveira, B. (2013). Produtividade e análise económica da cultura do espinafre em função de níveis de fertirrigação nitrogenada. *Irriga*, 18(4), pp. 587-596.
- Bolivar, V. (2014). *História do espinafre*. Obtido em 6 de Janeiro de 2015, de I-Legumes.com: http://www.i-legumes.com/beneficios-saude/espinafre_historia/
- Breimer, T. (1982). Environmental factors and cultural measures affecting the nitrate content in spinach. *Fertilizer Research*, 3(3), pp. 191-292.
- Brito, L. M., & Mourão, I. (2012). Características dos substratos para horticultura: composição e características dos constituintes individuais dos substratos (parte II/II). *Agrotec Revista Técnico-Científica Agrícola*, 3, pp. 64-69.
- Brito, L. M., & Mourão, I. (2015). *Características dos substratos para horticultura: propriedades e características dos substratos (parte I/II)*. Obtido em Junho de 2015, de Agronegócios.eu: <http://www.agronegocios.eu/noticias/caracteristicas-dos-substratos-para-horticultura-propriedades-e-caracteristicas-dos-substratos-parte-i-ii/>
- Burns, I. G., Zhang, K., Turner, M. K., & Edmondson, R. (2010). Iso-osmotic regulation of nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa L.*). *Journal of Plant Nutrition*, 34(2), pp. 283-313.

- Cadahia, C. (2005). *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. Mundi-Prensa Libros.
- Canali, S., Diacono, M., Ciaccia, C., Masetti, O., Tittarelli, F., & Montemurro, F. (2014). Alternative strategies for nitrogen fertilization of overwinter processing spinach (*Spinacia oleracea* L.) in Southern Italy. *European Journal of Agronomy*, 54, pp. 47-53.
- Canali, S., Montemurro, F., Tittarelli, F., & Masetti, O. (2011). Is possible to reduce nitrogen fertilization in processing spinach? *Journal of Plant Nutrition*, 34, pp. 534-546.
- Cárdenas-Navarro, R., Adamowicz, S., & Robin, P. (1999). Nitrate accumulation in plants: a role for water. *Journal of Experimental Botany*, 50(334), pp. 613-624.
- Carrizo, O., Liz, R., & Makishima, N. (2002). Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*, 20(4), pp. 533-535.
- Centro de Geofísica de Évora. (2014). *Observações e dados da estação da Mitra*. Obtido em 25 de Setembro de 2015, de http://www.cge.uevora.pt/pt/component/cge_bd/?cge_bd_e_first=mit
- Conesa, E., Nifitrola, D., Vicente, M., Ochoa, J., Bañón, S., & Fernández, A. (2009). The influence of nitrate/ammonium ratio on yield quality and nitrate, oxalate and vitamin C content of baby leaf spinach and bladder campion plants grown in a floating system. *Acta Horticulturae*, 843, pp. 269-273.
- Cresswell, G. (1992). Coir dust — A viable alternative to peat? *Biol. Chem. Inst. Rydalmere*, Australia.
- Dich, J., Jarvinen, R., Knekt, P., & Penttila, P. (1996). Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finnish Mobile Clinic Health Examination Survey. *Food Additives and Contaminants*, 13(5), pp. 541-552.
- Directiva 2008/100/CE da Comissão de 28 de Outubro de 2008 que altera a Directiva 90/496/CEE do Conselho relativa à rotulagem nutricional dos géneros alimentícios, no que diz respeito às doses diárias recomendadas, aos factores de conversão de energia. (s.d.). *Jornal Oficial da União Europeia*, L285, pp. 9-12.
- Doñate, M. T. (2013). *Efecto de diferentes enmiendas orgánicas sobre el rendimiento y la concentración de nitrato en un cultivo ecológico de espinaca (Spinacia oleracea L.) en invernadero*. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

- Ena, H. G. (2008). *Historia de la espinaca*. Obtido em 9 de Janeiro de 2014, de Horticom News: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/70/683/70683.pdf>
- Evans, M. R., Konduru, S., & Stamps, R. H. (1996). Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. *HortScience*, 31(6), pp. 965-967.
- Eysinga, R. v. (1984). Nitrate in vegetables under protected cultivation. *Acta Horticulturae*, 145, pp. 251-256.
- FAOSTAT. (2012). Obtido em 24 de Novembro de 2014, de Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>
- Felsemburgh, C. A. (2006). *Nitrogênio total em folhas e sua relação com o incremento em biomassa de florestas primária e manejada na Amazônia Central*. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre Ciências Agrárias, área de concentração em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- Fonteno, W., & Harden, C. (2003). *Procedures for determining physical properties of horticultural substrates using the NCSU porometer*. Departement of Horticultural Science, North Carolina State University.
- Freitas, S., Pinto, R. C., & Pinho, A. d. (1995). Metemoglobinemia na criança a propósito de um caso clínico. *Acta Ped. Port.*, 26, pp. 203-205. Obtido em 10 de Dezembro de 2014, de file:///C:/Users/utilizador/Desktop/5914-14806-1-SM.pdf
- Fruits and Vegetables. (2012). *New Zealand Spinach*. Obtido em 24 de Fevereiro de 2015, de Fruits and Vegetables: <http://fruits-and-vegetables.blogspot.pt/2012/08/new-zealand-spinach.html>
- Gardé, A., & Gardé, N. (1988). *Culturas horticolas* (6ª ed.). Lisboa: Clássica Editora.
- Gelin, Z., Mosyakin, S. L., & Clemants, S. E. (2003). Chenopodiaceae. In Z. Wu, P. Raven, & D. Hong, *Flora of China (Ulmaceae through Basellaceae)* (Vol. 5, pp. 351-414). St. Louis: Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press.
- Geoensino. (2011). *Mapas Mundi*. Obtido em 16 de Dezembro de 2014, de Geoensino, Portal Sobre o Ensino de Geografia: <http://www.geoensino.net/2011/10/blog-post.html>
- Guadagnin, S., Rath, S., & Reyes, F. (2005). Evaluation of the nitrate content in leaf vegetables produced through different agricultural systems. *Food Additives and Contaminants*, 22, pp. 1203-1208.

- Gutiérrez-Rodríguez, E., Lieth, H. J., Jernsstedt, J. A., Labavitch, J. M., Suslow, T. V., & Cantwell, M. I. (2012). Texture, composition and anatomy of spinach leaves in relation to nitrogen fertilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Handreck, K. (1992). Rapid assessment of the rate of nitrogen immobilization in inorganic components of potting media: I. Method development. *Commun. Soil. Sci. Plant. Anal.*, 23, pp. 201–215.
- Hewitt, E. (1996). Sand and Water Culture Methods Used in the Study of Plant Nutrition. *Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops*, 22. East Malling, Maidstone, Kent, England.
- Hord, N. G., Tang, Y., & Bryan, N. S. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90, pp. 1-10.
- Huang, C., Wang, Z., Li, S., & Malhi, S. S. (2010). Nitrate in leaf petiole and blade of spinach cultivars and its relation to biomass and water in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 33(8), pp. 1112-1123.
- Hufford, L. (s.d.). *Delicious Pieces: The Vegetables We Eat*. Obtido em 15 de Setembro de 2015, de Marion Ownbey Herbarium, Washington State University: <http://dev.sbs.wsu.edu/herbarium/education/deliciouspieces/leaves.html>
- ICNF - Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas. (s.d.). *Plano Sectorial da Rede Natura 2000: Habitats naturais - Turfeiras de transição e turfeiras ondulantes*. Obtido em Setembro de 2015, de <http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/rn2000/p-set/hab-1a9#7>
- Iijima, K., & Shimosegawa, T. (2006). Gastric carditis: Is it a histological response to high concentrations of luminal nitric oxide? *World J. Gastroenterol*, 12(36), pp. 5767-5771.
- INE - Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2012). *Estatísticas Agrícolas 2011*. Lisboa-Portugal.
- INE - Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2013). *Estatísticas Agrícolas 2012*. Lisboa-Portugal.
- INE - Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2014). *Estatísticas Agrícolas 2013*. Lisboa-Portugal.

- Kaminishi, A., & Kita, N. (2006). Seasonal change of nitrate and oxalate concentration in relation to the growth rate of spinach cultivars. *HortScience*, 41(7), pp. 1589-1595.
- Lastra, O. C. (2003). Derivative spectrophotometric determination of nitrate in plant tissue. *Journal of AOAC International*, 86, pp. 1001-1005.
- Lastra, O., Tapia, M. L., Razeto, B., & Rojas, M. (2009). Response of hydroponic lettuce cultivars to different treatments of nitrogen: growth and foliar nitrate content. *IDESIA*, 27 (1), pp. 83-89.
- Leco Corp. (1998). *Instruction manual - FP-28 Protein/Nitrogen Analyser*. St. Joseph, USA: Leco Corporation.
- Lemaire, F. (1997). The problem of the biostability in organic substrates. *Acta horticultrae*, 450, pp. 63-69.
- Liu, Y.-J., Tong, Y.-P., Zhu, Y.-G., Ding, H., & Smith, F. A. (2006). Leaf chlorophyll readings as an indicator for spinach yield and nutritional quality with different nitrogen fertilizer applications. *Journal of Plant Nutrition*, 29, pp. 1207-1217.
- Lomnitski, L., Bergman, M., Nyska, A., Ben-Shaul, V., & Grossman, S. (2003). Composition, efficacy, and safety of spinach extracts. *Nutricion and Cancer*, 46, pp. 222-231.
- Machado, R., Bryla, D., Verissimo, M., Sena, A., & Oliveira, M. (2008). Nitrogen requirements for growth and early fruit development of drip-irrigated processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Portugal. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6(3&4), pp. 215-218.
- Marques, M. A. (2012). *A Influência das práticas culturais nos níveis de nitratos em vegetais*. Dissertação de Mestrado em Segurança Alimentar, Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa.
- Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants* (2^a ed.). San Diego: Academic Press.
- Matos, C. M. (2011). *Formulação e avaliação de substratos para a produção de plantas aromáticas envasadas em modo de produção biológico*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Maynard, D., & Barker, A. (1979). Regulation of nitrate accumulation in vegetables. *Acta Horticulturae*, 93, pp. 153-162.

- Merhaut, D., & Newman, J. (2005). Effects of substrate type on plant growth and nitrate leaching in cut flower production of oriental lily. *HortScience* 40.7, pp. 2135-2137.
- Mesinga, T. T., Speijers, G. J., & Meulenbelt, J. (2003). Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicol Rev.*, 22, pp. 41-51.
- Mills, H., & Jones, J. (1996). *Plant analysis handbook* (Vol. II). USA: Micro-Macro Publishing Athens (GA).
- Moore, D. (1974). Physiological effects of pH on roots. In E. Carson, *The plant root and its environment* (pp. 13-51). Charlottesville: University of virgin.
- Murinello, A., Bicho, M., Inácio, R. E., & Loureiro, M. C. (2001). Meta-hemoglobinemia. *Medicina Interna*, 8, pp. 210-216.
- Navazio, J., & Colley, M. (2007). Principles and practices of organic spinach seed production in the Pacific Northwest. *Organic Seed Alliance*, 360, pp. 385-7192.
- Neely, H. L., Koenig, R. T., Miles, C. A., Koenig, T. C., & Karlsson, M. G. (2010). Diurnal fluctuation in tissue nitrate concentration of field-grown leafy greens at two latitudes. *Hort Science*, 45(12), pp. 1815–1818.
- Nurzynska-Wierdak, R., Dzida, K., Rozek, E., & Jarosz, Z. (2012). The effect of nitrogen and potassium on N-NH₄ and N-NO₃ accumulation and nutrient contents in rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves. *Hortorum Cultus*, 11(3), pp. 211-221.
- Pereira, A., Rodrigues, M., & Arrobas, M. (2009). Avaliação da libertação de azoto a partir de correctivos orgânicos utilizando membranas de troca aniónica e um medidor de clorofila SPAD-502. *Revista de Ciências Agrárias*, 32(1), pp. 27-39.
- Prasad, M. (1997). Nitrogen fixation of various material from a number of European countries by three nitrogen fixation tests. *Acta Hort.*, 450, pp. 353–362.
- Quintero, M., González, C., & Guzmán, J. (2011). Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. In V. Flórez R. (Ed.), *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo* (pp. 79-108). Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., & Bar-Tal, A. (2002). Substrates and their analysis. In D. Sawas, & H. Passam, *Hydroponic production of vegetables and ornamentals* (pp. 25-101). Athens, Greece: Embryo Publications.
- Regulamento (UE) nº1258/2011 da Comissão de 2 de Dezembro de 2011 que altera o Regulamento (CE) nº1881/2006 no que diz respeito aos teores máximos de

- nitratos no géneros alimentícios. (s.d.). *Jornal Oficial da União Europeia, L320*, pp. 15-17.
- Reis, M. (2003). Novas tecnologias em horticultura: cultura sem solo e controlo ambiental. *Livro de Programa de Resumos das "Jornadas da V Semana Agrícola", 7 a 10 de Abril, organizadas pelo núcleo da LAAS da Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro*, (pp. 52-57).
- Rijk Zwaan. (2014). *Espinafre*. Obtido em 25 de Junho de 2014, de Rijk Zwaan Portugal:
http://www.rijkszwaan.pt/wps/wcm/connect/RZ+PT/Rijk+Zwaan/Products_and_Services/Products/Crops/Spinach
- Rodrigues, M. Â. (2006). Utilização de fertilizantes e qualidade dos produtos vegetais: O problema dos nitratos. *Curso qualidade e segurança alimentar em produtos de origem vegetal, resumo das comunicações* (pp. 17-22). Portugal: Escola Superior Agrária de Bragança.
- Rodrigues, M. Â., & Coutinho, J. F. (1995). *Eficiência de utilização do azoto pelas plantas*. Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança.
- Rodrigues, M., & Arrobas, M. (2011). Gestão da fertilização azotada em agroecossistemas. *Workshop agroecologia e desenvolvimento sustentável, Livro de actas* (pp. 89-103). Portugal: Escola Superior Agrária de Bragança.
- Sáez, J. N. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3), pp. 231-235.
- Santamaria, P. (2006). Review. Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, pp. 10-17.
- Santamaria, P., Elia, A., Gonnella, M., Parente, A., & Serio, F. (2001). Ways of reducing rocket salad nitrate content. *Acta Hort.*, 548, pp. 529-537.
- Santos, J. Q. (2001). *Fertilização & ambiente. Reciclagem agro-florestal de resíduos e efluentes*. Portugal: Publicações Europa-América, Coleção Euroagro.
- Shaheen, A., Rizk, F. A., El-Samad, E. A., & El-Shal, Z. (2012). Growth, yield and chemical properties of spinach plants as influenced by nitrogen fertilizer forms and micro-elements foliar application. *Journal of Applied Sciences Research*, 8 (2), pp. 777-785.
- Singh, B., Kaim, M., Kumar, P. H., Chatterjee, S., & Nair, T. (1999). Regulation of leaf nitrate reductase activity in spinach (*Spinacia oleracea* L.) during light and dark transition. *Indian Journal of Experimental Biology*, 37, pp. 515-518.

- Solá, S., Pedro, T., Ferreira, H., & Rodrigues, C. M. (2001). *Apoptose, uma questão de vida ou morte*. Lisboa: Centro de Patogénese Molecular, Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa.
- Soria, C. B., & Olivert, J. M. (2002). *Cultivo sin suelo de hortalizas, aspectos prácticos y experiencias*. Valencia: Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Subhash, G. P., Virbhadrappa, S. R., & Vasant, O. K. (2010). Spinacia oleracea Linn: A pharmacognostic and pharmacological overview. *International Journal of Research in Ayurveda & Pharmacy*, 1, pp. 78-84.
- Sutton, M. (2010). Spinach, iron and Popeye: Ironic lessons from biochemistry and history on the importance of healthy eating, healthy scepticism and adequate citation. *Internet Journal of Criminology*, pp. 1-34. Obtido em 2015 de Janeiro de 10, de http://www.internetjournalofcriminology.com/Sutton_Spinach_Iron_and_Popeye_March_2010.pdf
- Tischner, R. (2008). Nitrate uptake and reduction in plants. *Journal of Crop Improvement*, 15(2), pp. 53-96.
- Troxler, S., & Ragon, D. L. (s.d.). *Sembrar vegetales de invierno: Una manera fácil de mejorar su alimentación*. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services, Food and Drug Protection Division.
- Unidade de Doenças Metabólicas - Hospital Sant Joan de Déu. (s.d.). Deficiência de sulfito oxidase – cofactor molibdeno. (A. Faria, Trad.) Barcelona, Espanha. Obtido em 19 de Janeiro de 2015, de http://www.guiametabolica.org/sites/default/files/Sulfito_oxidase_PO_DIP.pdf
- Urrestarazu, M., & Saias, M. D. (2002). El papel de los cultivos sin suelo en la moderna agronomía. *Vida Rural*, pp. 54-57.
- USDA - United States Department of Agriculture. (2015). *Basic Report 11457, Spinach, raw*. Obtido em 18 de Fevereiro de 2015, de USDA National nutrient database for standard reference release 27: <file:///C:/Users/utilizador/Desktop/foodsreport.pdf>
- Verdonck, O., Vleeschauwer, D. D., & Boodt, M. D. (1981). The influence of the substrate to plant growth. *Acta Horticulturae*, 126, pp. 251-258.

- Vieira, I. S., Vasconcelos, E. P., & Monteiro, A. A. (1998). Nitrate accumulation, yield and leaf quality of turnip greens in response to nitrogen fertilisation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, pp. 249–258.
- Wang, J., Zhou, Y., Dong, C., Shen, Q., & Putheti, R. (2009). Effects of NH₄⁺-N/NO₃⁻-N ratios on growth, nitrate uptake and organic acid levels of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *African Journal of Biotechnology*, 8, pp. 3597-3602.
- Zhou, Z.-Y., Wang, M.-J., & Wang, J.-S. (2007). Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China. *Food Reviews International*, 16(1), pp. 61-76.
- Zumel, M. G. (2013). Espinaca. The spinach growing. *Cultivos Herbaceos Intensivos*. E.T.S.I.I.A.A. de Palencia - Universidad de Valladolid.
- Zvalo, V., & Respondek, A. (2008). Vegetable crops production guide for Nova Scotia - Spinach. *AgraPoint*, pp. 1-9.

Anexos

Anexo 1 - Superfície (ha) e produção (t) de espinafre nos 25 maiores produtores (FAOSTAT, 2012).

	País	Superfície (ha)	Produção (t)
1	China	750000	19500000
2	Estados Unidos da América	17840	354050
3	Japão	22500	275000
4	Turquia	23800	222225
5	Indonésia	46024	154964
6	Irão	5000	107000
7	Paquistão	8500	107000
8	França	5625	106573
9	Coreia do Sul	6070	96170
10	Bélgica	4000	78800
11	Alemanha	3424	77133
12	Itália	4651	63108
13	Espanha	3200	62000
14	Quênia	4241	52464
15	Grécia	3300	52100
16	Bangladesh	8000	45000
17	Egito	2299	39413
18	Peru	1614	29376
19	Holanda	1812	29000
20	Tunísia	1450	22500
21	México	1784	21174
22	Portugal	1000	17000
23	Jamaica	973	16607
24	Albânia	1300	15300
25	Suíça	1065	15051

Anexo 2 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à massa húmida dos substratos.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Massa húmida dos substratos

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	2,3600	.	1
	2	2,4400	.	1
	3	2,3900	.	1
	Total	2,3967	,04041	3
II	1	5,9300	.	1
	2	7,7500	.	1
	3	8,2000	.	1
	Total	7,2933	1,20193	3
III	1	4,1600	.	1
	2	4,9500	.	1
	3	5,1300	.	1
	Total	4,7467	,51598	3
Total	1	4,1500	1,78502	3
	2	5,0467	2,65632	3
	3	5,2400	2,90656	3
	Total	4,8122	2,21953	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Massa húmida dos substratos

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38,015 ^a	4	9,504	27,241	,004
Intercept	208,417	1	208,417	597,394	,000
Tratamento	35,985	2	17,993	51,573	,001
Repetição	2,029	2	1,015	2,909	,166
Error	1,396	4	,349		
Total	247,828	9			
Corrected Total	39,410	8			

a. R Squared = ,965 (Adjusted R Squared = ,929)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Massa húmida dos substratos

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-4,8967*	,48227	,001	-6,6155	-3,1779
	III	-2,3500*	,48227	,018	-4,0688	-,6312
II	I	4,8967*	,48227	,001	3,1779	6,6155
	III	2,5467*	,48227	,013	,8279	4,2655
III	I	2,3500*	,48227	,018	,6312	4,0688
	II	-2,5467*	,48227	,013	-4,2655	-,8279

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,349.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 3 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de humidade dos substratos.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Teor de Humidade dos substratos

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	70,2700	.	1
	2	70,9000	.	1
	3	70,4900	.	1
	Total	70,5533	,31974	3
II	1	85,5700	.	1
	2	88,5700	.	1
	3	89,1300	.	1
	Total	87,7567	1,91430	3
III	1	80,6100	.	1
	2	83,2000	.	1
	3	83,7000	.	1
	Total	82,5033	1,65862	3
Total	1	78,8167	7,80606	3
	2	80,8900	9,05866	3
	3	81,1067	9,58678	3
	Total	80,2711	7,74105	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Teor de humidade dos substratos

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	475,944 ^a	4	118,986	138,121	,000
Intercept	57991,062	1	57991,062	67317,097	,000
Tratamento	466,355	2	233,177	270,677	,000
Repetição	9,590	2	4,795	5,566	,070
Error	3,446	4	,861		
Total	58470,452	9			
Corrected Total	479,390	8			

a. R Squared = ,993 (Adjusted R Squared = ,986)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Teor de humidade dos substratos

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-17,2033*	,75783	,000	-19,9042	-14,5024
	III	-11,9500*	,75783	,000	-14,6509	-9,2491
II	I	17,2033*	,75783	,000	14,5024	19,9042
	III	5,2533*	,75783	,005	2,5524	7,9542
III	I	11,9500*	,75783	,000	9,2491	14,6509
	II	-5,2533*	,75783	,005	-7,9542	-2,5524

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,861.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 4 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à densidade aparente dos substratos.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Dap dos substratos

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	,2700	.	1
	2	,2600	.	1
	3	,2700	.	1
	Total	,2667	,00577	3
II	1	,1300	.	1

	2	,0900	.	1
	3	,0900	.	1
	Total	,1033	,02309	3
III	1	,1500	.	1
	2	,1400	.	1
	3	,1300	.	1
	Total	,1400	,01000	3
Total	1	,1833	,07572	3
	2	,1633	,08737	3
	3	,1633	,09452	3
	Total	,1700	,07533	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Dap dos substratos

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,045 ^a	4	,011	84,125	,000
Intercept	,260	1	,260	1950,750	,000
Tratamento	,044	2	,022	165,250	,000
Repetição	,001	2	,000	3,000	,160
Error	,001	4	,000		
Total	,306	9			
Corrected Total	,045	8			

a. R Squared = ,988 (Adjusted R Squared = ,977)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Dap dos substratos

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	,1633*	,00943	,000	,1297	,1969
	III	,1267*	,00943	,000	,0931	,1603
II	I	-,1633*	,00943	,000	-,1969	-,1297
	III	-,0367*	,00943	,038	-,0703	-,0031
III	I	-,1267*	,00943	,000	-,1603	-,0931
	II	,0367*	,00943	,038	,0031	,0703

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 5 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao pH 6 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: pH 6 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	6,3100	.	1
	2,00	6,1800	.	1
	3,00	6,0200	.	1
	Total	6,1700	,14526	3
II	1,00	6,8100	.	1
	2,00	6,7000	.	1
	3,00	7,0100	.	1
	Total	6,8400	,15716	3
III	1,00	6,6000	.	1
	2,00	6,3200	.	1
	Total	6,4600	,19799	2
Total	1,00	6,5733	,25106	3
	2,00	6,4000	,26907	3
	3,00	6,5150	,70004	2
	Total	6,4937	,33958	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH 6 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,722 ^a	4	,180	6,336	,081
Intercept	303,420	1	303,420	10654,641	,000
Tratamento	,675	2	,338	11,860	,038
Repetição	,045	2	,023	,797	,528
Error	,085	3	,028		
Total	338,157	8			
Corrected Total	,807	7			

a. R Squared = ,894 (Adjusted R Squared = ,753)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH 6 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-,6700*	,13779	,034	-1,2458	-,0942
	III	-,2900	,15405	,287	-,9337	,3537
II	I	,6700*	,13779	,034	,0942	1,2458
	III	,3800	,15405	,173	-,2637	1,0237
III	I	,2900	,15405	,287	-,3537	,9337
	II	-,3800	,15405	,173	-1,0237	,2637

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,028.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 6 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao pH 21 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: pH 21 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	6,8100	.	1
	2,00	6,6700	.	1
	3,00	6,3600	.	1
	Total	6,6133	,23029	3
II	1,00	7,0900	.	1
	2,00	7,0400	.	1
	3,00	7,0600	.	1
	Total	7,0633	,02517	3
III	1,00	6,4200	.	1
	2,00	6,5200	.	1
	Total	6,4700	,07071	2
Total	1,00	6,7733	,33650	3
	2,00	6,7433	,26764	3
	3,00	6,7100	,49497	2
	Total	6,7463	,29751	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH 21 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,558 ^a	4	,140	6,797	,074
Intercept	322,645	1	322,645	15719,632	,000
Tratamento	,553	2	,277	13,475	,032
Repetição	,051	2	,025	1,237	,406
Error	,062	3	,021		
Total	364,715	8			
Corrected Total	,620	7			

a. R Squared = ,901 (Adjusted R Squared = ,768)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH 21 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-,4500	,11698	,062	-,9388	,0388
	III	,1433	,13078	,579	-,4032	,6898
II	I	,4500	,11698	,062	-,0388	,9388
	III	,5933*	,13078	,040	,0468	1,1398
III	I	-,1433	,13078	,579	-,6898	,4032
	II	-,5933*	,13078	,040	-1,1398	-,0468

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,021.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 7 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao pH 24 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: pH 24 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	6,3700	.	1
	2,00	6,3200	.	1
	3,00	6,4200	.	1
	Total	6,3700	,05000	3
II	1,00	7,3000	.	1
	2,00	7,1200	.	1

	3,00	7,2200	.	1
	Total	7,2133	,09018	3
III	1,00	6,7400	.	1
	2,00	6,4800	.	1
	Total	6,6100	,18385	2
Total	1,00	6,8033	,46822	3
	2,00	6,6400	,42332	3
	3,00	6,8200	,56569	2
	Total	6,7463	,40907	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH 24 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,159 ^a	4	,290	68,746	,003
Intercept	326,674	1	326,674	77523,270	,000
Tratamento	1,104	2	,552	131,022	,001
Repetição	,042	2	,021	5,034	,110
Error	,013	3	,004		
Total	365,267	8			
Corrected Total	1,171	7			

a. R Squared = ,989 (Adjusted R Squared = ,975)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH 24 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-,8433*	,05300	,001	-1,0648	-,6219
	III	-,2400	,05926	,054	-,4876	,0076
II	I	,8433*	,05300	,001	,6219	1,0648
	III	,6033*	,05926	,004	,3557	,8510
III	I	,2400	,05926	,054	-,0076	,4876
	II	-,6033*	,05926	,004	-,8510	-,3557

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,004.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 8 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao pH 28 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: pH 28 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	7,2400	.	1
	2,00	7,1300	.	1
	3,00	6,8200	.	1
	Total	7,0633	,21779	3
II	1,00	7,4000	.	1
	2,00	7,3900	.	1
	3,00	7,4400	.	1
	Total	7,4100	,02646	3
III	1,00	6,8900	.	1
	Total	6,8900	.	1
Total	1,00	7,1767	,26083	3
	2,00	7,2600	,18385	2
	3,00	7,1300	,43841	2
	Total	7,1871	,25151	7

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH 28 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,321 ^a	4	,080	2,742	,285
Intercept	226,419	1	226,419	7736,419	,000
Tratamento	,304	2	,152	5,186	,162
Repetição	,038	2	,019	,645	,608
Error	,059	2	,029		
Total	361,965	7			
Corrected Total	,380	6			

a. R Squared = ,846 (Adjusted R Squared = ,537)

Anexo 9 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao pH 31 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: pH 31 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	7,0300	.	1
	2,00	7,0400	.	1
	3,00	6,8200	.	1
	Total	6,9633	,12423	3
II	1,00	7,4400	.	1
	2,00	7,3200	.	1
	3,00	7,3800	.	1
	Total	7,3800	,06000	3
III	1,00	7,1400	.	1
	2,00	6,9700	.	1
	Total	7,0550	,12021	2
Total	1,00	7,2033	,21221	3
	2,00	7,1100	,18520	3
	3,00	7,1000	,39598	2
	Total	7,1425	,21822	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH 31 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,309 ^a	4	,077	9,649	,046
Intercept	365,085	1	365,085	45556,549	,000
Tratamento	,291	2	,146	18,182	,021
Repetição	,028	2	,014	1,777	,310
Error	,024	3	,008		
Total	408,456	8			
Corrected Total	,333	7			

a. R Squared = ,928 (Adjusted R Squared = ,832)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH 31 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-,4167*	,07309	,022	-,7221	-,1112
	III	-,0917	,08172	,566	-,4332	,2498
II	I	,4167*	,07309	,022	,1112	,7221
	III	,3250	,08172	,057	-,0165	,6665
III	I	,0917	,08172	,566	-,2498	,4332
	II	-,3250	,08172	,057	-,6665	,0165

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,008.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 10 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao pH 35 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: pH 35 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	7,1300	.	1
	2,00	7,0800	.	1
	3,00	7,0000	.	1
	Total	7,0700	,06557	3
II	1,00	7,5600	.	1
	2,00	7,5300	.	1
	Total	7,5450	,02121	2
III	1,00	7,2700	.	1
	2,00	7,0400	.	1
	Total	7,1550	,16263	2
Total	1,00	7,3200	,21932	3
	2,00	7,2167	,27209	3
	3,00	7,0000	.	1
	Total	7,2300	,23166	7

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH 35 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,310 ^a	4	,077	12,769	,074
Intercept	235,445	1	235,445	38809,615	,000
Tratamento	,232	2	,116	19,132	,050
Repetição	,023	2	,012	1,926	,342
Error	,012	2	,006		
Total	366,232	7			
Corrected Total	,322	6			

a. R Squared = ,962 (Adjusted R Squared = ,887)

Anexo 11 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à CE 6 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: CE 6 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	,9000	.	1
	2,00	,7100	.	1
	3,00	,8600	.	1
	Total	,8233	,10017	3
II	1,00	1,0500	.	1
	2,00	,9100	.	1
	3,00	1,2300	.	1
	Total	1,0633	,16042	3
III	1,00	1,7500	.	1
	2,00	1,8400	.	1
	Total	1,7950	,06364	2
Total	1,00	1,2333	,45369	3
	2,00	1,1533	,60302	3
	3,00	1,0450	,26163	2
	Total	1,1563	,42258	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CE 6 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,215 ^a	4	,304	26,055	,012
Intercept	11,145	1	11,145	955,990	,000
Tratamento	1,172	2	,586	50,282	,005
Repetição	,041	2	,020	1,742	,315
Error	,035	3	,012		
Total	11,945	8			
Corrected Total	1,250	7			

a. R Squared = ,972 (Adjusted R Squared = ,935)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: CE 6 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-,2400	,08816	,140	-,6084	,1284
	III	-,9717*	,09857	,005	-1,3835	-,5598
II	I	,2400	,08816	,140	-,1284	,6084
	III	-,7317*	,09857	,010	-1,1435	-,3198
III	I	,9717*	,09857	,005	,5598	1,3835
	II	,7317*	,09857	,010	,3198	1,1435

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,012.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 12 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à CE 21 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: CE 21 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	1,2600	.	1
	2,00	1,3000	.	1
	3,00	1,2000	.	1
	Total	1,2533	,05033	3
II	1,00	1,3100	.	1
	2,00	1,3700	.	1
	3,00	1,3500	.	1

	Total	1,3433	,03055	3
	1,00	1,3800	.	1
III	2,00	1,4300	.	1
	Total	1,4050	,03536	2
	1,00	1,3167	,06028	3
Total	2,00	1,3667	,06506	3
	3,00	1,2750	,10607	2
	Total	1,3250	,07309	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CE 21 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,035 ^a	4	,009	9,268	,049
Intercept	12,736	1	12,736	13645,800	,000
Tratamento	,024	2	,012	12,955	,033
Repetição	,005	2	,003	2,884	,200
Error	,003	3	,001		
Total	14,082	8			
Corrected Total	,037	7			

a. R Squared = ,925 (Adjusted R Squared = ,825)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: CE 21 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-,0900	,02494	,073	-,1942	,0142
	III	-,1517*	,02789	,025	-,2682	-,0351
II	I	,0900	,02494	,073	-,0142	,1942
	III	-,0617	,02789	,215	-,1782	,0549
III	I	,1517*	,02789	,025	,0351	,2682
	II	,0617	,02789	,215	-,0549	,1782

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,001.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 13 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à CE 24 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: CE 24 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	1,1100	.	1
	2,00	1,1500	.	1
	3,00	1,0500	.	1
	Total	1,1033	,05033	3
II	1,00	1,2300	.	1
	2,00	1,2000	.	1
	3,00	1,1600	.	1
	Total	1,1967	,03512	3
III	1,00	1,1800	.	1
	2,00	1,2700	.	1
	Total	1,2250	,06364	2
Total	1,00	1,1733	,06028	3
	2,00	1,2067	,06028	3
	3,00	1,1050	,07778	2
	Total	1,1688	,06875	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CE 24 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,029 ^a	4	,007	5,710	,092
Intercept	9,814	1	9,814	7663,865	,000
Tratamento	,017	2	,008	6,537	,081
Repetição	,008	2	,004	3,023	,191
Error	,004	3	,001		
Total	10,961	8			
Corrected Total	,033	7			

a. R Squared = ,884 (Adjusted R Squared = ,729)

Anexo 14 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à CE 28 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: CE 28 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	1,8800	.	1
	2,00	1,6700	.	1
	3,00	1,6800	.	1
	Total	1,7433	,11846	3
II	1,00	1,8500	.	1
	2,00	1,8100	.	1
	3,00	1,8500	.	1
	Total	1,8367	,02309	3
III	1,00	1,4500	.	1
	2,00	1,4500	.	1
	Total	1,4500	,00000	2
Total	1,00	1,7267	,24007	3
	2,00	1,6433	,18148	3
	3,00	1,7650	,12021	2
	Total	1,7050	,17550	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CE 28 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,199 ^a	4	,050	8,851	,052
Intercept	20,140	1	20,140	3587,575	,000
Tratamento	,179	2	,089	15,920	,025
Repetição	,012	2	,006	1,095	,440
Error	,017	3	,006		
Total	23,472	8			
Corrected Total	,216	7			

a. R Squared = ,922 (Adjusted R Squared = ,818)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: CE 28 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-,0933	,06118	,397	-,3490	,1623
	III	,2933*	,06840	,047	,0075	,5791
II	I	,0933	,06118	,397	-,1623	,3490
	III	,3867*	,06840	,022	,1009	,6725
III	I	-,2933*	,06840	,047	-,5791	-,0075
	II	-,3867*	,06840	,022	-,6725	-,1009

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,006.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 15 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à CE 31 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: CE 31 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	1,4000	.	1
	2,00	1,3800	.	1
	3,00	1,2600	.	1
	Total	1,3467	,07572	3
II	1,00	1,4900	.	1
	2,00	1,4200	.	1
	3,00	1,5700	.	1
	Total	1,4933	,07506	3
III	1,00	1,3200	.	1
	2,00	1,4400	.	1
	Total	1,3800	,08485	2
Total	1,00	1,4033	,08505	3
	2,00	1,4133	,03055	3
	3,00	1,4150	,21920	2
	Total	1,4100	,09607	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CE 31 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,035 ^a	4	,009	,881	,565
Intercept	14,230	1	14,230	1436,955	,000
Tratamento	,035	2	,017	1,751	,313
Repetição	,000	2	,000	,011	,989
Error	,030	3	,010		
Total	15,969	8			
Corrected Total	,065	7			

a. R Squared = ,540 (Adjusted R Squared = -,073)

Anexo 16 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à CE 35 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: CE 35 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	1,7500	.	1
	2,00	1,8100	.	1
	3,00	1,2200	.	1
	Total	1,5933	,32470	3
II	1,00	1,3800	.	1
	2,00	1,4100	.	1
	Total	1,3950	,02121	2
III	1,00	1,1800	.	1
	2,00	1,3400	.	1
	Total	1,2600	,11314	2
Total	1,00	1,4367	,28919	3
	2,00	1,5200	,25357	3
	3,00	1,2200	.	1
	Total	1,4414	,24613	7

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CE 35 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,359 ^a	4	,090	38,725	,025
Intercept	7,508	1	7,508	3240,782	,000
Tratamento	,291	2	,146	62,856	,016
Repetição	,219	2	,110	47,371	,021
Error	,005	2	,002		
Total	14,907	7			
Corrected Total	,363	6			

a. R Squared = ,987 (Adjusted R Squared = ,962)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: CE 35 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	,1983	,04394	,082	-,0605	,4572
	III	,3333*	,04394	,031	,0745	,5922
II	I	-,1983	,04394	,082	-,4572	,0605
	III	,1350	,04813	,188	-,1485	,4185
III	I	-,3333*	,04394	,031	-,5922	-,0745
	II	-,1350	,04813	,188	-,4185	,1485

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,002.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 17 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao teor de NO₃⁻ 6 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: NO₃⁻ 6 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	65,6500	.	1
	2,00	27,8300	.	1
	3,00	59,4200	.	1
	Total	50,9667	20,27763	3
II	1,00	60,9200	.	1
	2,00	60,2400	.	1

	3,00	109,4600	.	1
	Total	76,8733	28,22293	3
III	1,00	70,7400	.	1
	2,00	53,2100	.	1
	Total	61,9750	12,39558	2
Total	1,00	65,7700	4,91110	3
	2,00	47,0933	17,04882	3
	3,00	84,4400	35,38362	2
	Total	63,4338	22,61949	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: NO₃⁻ 6 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2798,846 ^a	4	699,711	2,682	,222
Intercept	32024,004	1	32024,004	122,753	,002
Tratamento	1098,919	2	549,459	2,106	,268
Repetição	1786,438	2	893,219	3,424	,168
Error	782,644	3	260,881		
Total	35772,215	8			
Corrected Total	3581,490	7			

a. R Squared = ,781 (Adjusted R Squared = ,490)

Anexo 18 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de NO₃⁻ 21 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: NO₃⁻ 21 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	298,0000	.	1
	2,00	298,1000	.	1
	3,00	288,3300	.	1
	Total	294,8100	5,61207	3
II	1,00	282,4000	.	1
	2,00	298,2200	.	1
	3,00	309,1800	.	1
	Total	296,6000	13,46330	3
III	1,00	198,7000	.	1
	2,00	167,7000	.	1
	Total	183,2000	21,92031	2
Total	1,00	259,7000	53,40028	3

2,00	254,6733	75,32114	3
3,00	298,7550	14,74318	2
Total	267,5788	53,31427	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: NO₃⁻ 21 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	19056,677 ^a	4	4764,169	17,011	,021
Intercept	481908,431	1	481908,431	1720,686	,000
Tratamento	16426,887	2	8213,443	29,327	,011
Repetição	65,809	2	32,904	,117	,893
Error	840,203	3	280,068		
Total	592683,980	8			
Corrected Total	19896,880	7			

a. R Squared = ,958 (Adjusted R Squared = ,901)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: NO₃⁻ 21 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-1,7900	13,66425	,991	-58,8890	55,3090
	III	111,6100*	15,27710	,011	47,7713	175,4487
II	I	1,7900	13,66425	,991	-55,3090	58,8890
	III	113,4000*	15,27710	,010	49,5613	177,2387
III	I	-111,6100*	15,27710	,011	-175,4487	-47,7713
	II	-113,4000*	15,27710	,010	-177,2387	-49,5613

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 280,068.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 19 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao teor de NO_3^- 24 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: NO_3^- 24 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	178,7000	.	1
	2,00	201,3500	.	1
	3,00	208,4600	.	1
	Total	196,1700	15,54152	3
II	1,00	211,8500	.	1
	2,00	220,0000	.	1
	3,00	194,5000	.	1
	Total	208,7833	13,02366	3
III	1,00	156,0600	.	1
	2,00	170,6000	.	1
	Total	163,3300	10,28133	2
Total	1,00	182,2033	28,05951	3
	2,00	197,3167	24,94576	3
	3,00	201,4800	9,87121	2
	Total	192,6900	22,24972	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: NO_3^- 24 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2882,936 ^a	4	720,734	3,712	,155
Intercept	257903,845	1	257903,845	1328,453	,000
Tratamento	2334,279	2	1167,139	6,012	,089
Repetição	345,599	2	172,800	,890	,497
Error	582,416	3	194,139		
Total	300500,840	8			
Corrected Total	3465,351	7			

a. R Squared = ,832 (Adjusted R Squared = ,608)

Anexo 20 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de NO_3^- 28 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: NO_3^- 28 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	498,0000	.	1
	2,00	464,7000	.	1
	3,00	470,0000	.	1
	Total	477,5667	17,89311	3
II	1,00	496,3000	.	1
	2,00	551,3000	.	1
	3,00	510,5400	.	1
	Total	519,3800	28,54574	3
III	1,00	286,7000	.	1
	2,00	286,7000	.	1
	Total	286,7000	,00000	2
Total	1,00	427,0000	121,50634	3
	2,00	434,2333	134,90535	3
	3,00	490,2700	28,66611	2
	Total	445,5300	101,53430	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: NO_3^- 28 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	70174,815 ^a	4	17543,704	26,452	,011
Intercept	1309788,326	1	1309788,326	1974,873	,000
Tratamento	64758,553	2	32379,277	48,821	,005
Repetição	280,366	2	140,183	,211	,821
Error	1989,679	3	663,226		
Total	1660140,342	8			
Corrected Total	72164,494	7			

a. R Squared = ,972 (Adjusted R Squared = ,936)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: NO₃⁻ 28 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-41,8133	21,02739	,261	-129,6808	46,0542
	III	190,8667*	23,50933	,008	92,6278	289,1055
II	I	41,8133	21,02739	,261	-46,0542	129,6808
	III	232,6800*	23,50933	,004	134,4411	330,9189
III	I	-190,8667*	23,50933	,008	-289,1055	-92,6278
	II	-232,6800*	23,50933	,004	-330,9189	-134,4411

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 663,226.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 21 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de NO₃⁻ 31 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: NO₃⁻ 31 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	404,2500	.	1
	2,00	378,4000	.	1
	3,00	354,7000	.	1
	Total	379,1167	24,78277	3
II	1,00	389,4000	.	1
	2,00	369,7000	.	1
	3,00	418,1000	.	1
	Total	392,4000	24,33906	3
III	1,00	285,4200	.	1
	2,00	284,7100	.	1
	Total	285,0650	,50205	2
Total	1,00	359,6900	64,74686	3
	2,00	344,2700	51,76358	3
	3,00	386,4000	44,83057	2
	Total	360,5850	50,54954	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: NO₃⁻ 31 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	15831,291 ^a	4	3957,823	5,776	,091
Intercept	893634,316	1	893634,316	1304,256	,000
Tratamento	13697,522	2	6848,761	9,996	,047
Repetição	357,900	2	178,950	,261	,786
Error	2055,504	3	685,168		
Total	1058059,133	8			
Corrected Total	17886,795	7			

a. R Squared = ,885 (Adjusted R Squared = ,732)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: NO₃⁻ 31 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-13,2833	21,37238	,820	-102,5925	76,0258
	III	94,0517	23,89505	,058	-5,7990	193,9023
II	I	13,2833	21,37238	,820	-76,0258	102,5925
	III	107,3350*	23,89505	,041	7,4843	207,1857
III	I	-94,0517	23,89505	,058	-193,9023	5,7990
	II	-107,3350*	23,89505	,041	-207,1857	-7,4843

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 685,168.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 22 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes ao teor de NO₃⁻ 35 DAP da água drenada.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: NO₃⁻ 35 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	554,0000	.	1
	2,00	497,3000	.	1
	3,00	361,0000	.	1
	Total	470,7667	99,19810	3
II	1,00	364,7000	.	1
	2,00	343,2500	.	1
	Total	353,9750	15,16744	2

	1,00	218,9300	.	1
III	2,00	203,2000	.	1
	Total	211,0650	11,12279	2
	1,00	379,2100	168,00560	3
	2,00	347,9167	147,10553	3
Total	3,00	361,0000	.	1
	Total	363,1971	129,87582	7

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: NO₃⁻ 35 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	100714,072 ^a	4	25178,518	102,289	,010
Intercept	428775,041	1	428775,041	1741,913	,001
Tratamento	99239,531	2	49619,765	201,582	,005
Repetição	19541,991	2	9770,995	39,695	,025
Error	492,304	2	246,152		
Total	1024591,527	7			
Corrected Total	101206,375	6			

a. R Squared = ,995 (Adjusted R Squared = ,985)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: NO₃⁻ 35 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	116,7917*	14,32224	,027	32,4229	201,1605
	III	259,7017*	14,32224	,006	175,3329	344,0705
II	I	-116,7917*	14,32224	,027	-201,1605	-32,4229
	III	142,9100*	15,68923	,022	50,4886	235,3314
III	I	-259,7017*	14,32224	,006	-344,0705	-175,3329
	II	-142,9100*	15,68923	,022	-235,3314	-50,4886

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 246,152.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 23 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao peso fresco por tufo de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Peso fresco por tufo

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	81,1000	.	1
	2	101,0000	.	1
	3	76,8500	.	1
	4	87,2000	.	1
	5	93,5000	.	1
	Total	87,9300	9,64103	5
II	1	109,3500	.	1
	2	91,3500	.	1
	3	101,2500	.	1
	4	106,8000	.	1
	5	106,1500	.	1
	Total	102,9800	7,13211	5
III	1	71,6000	.	1
	2	103,4000	.	1
	3	114,3500	.	1
	4	65,1500	.	1
	Total	88,6250	23,95136	4
Total	1	87,3500	19,63575	3
	2	98,5833	6,37815	3
	3	97,4833	19,03164	3
	4	86,3833	20,83701	3
	5	99,8250	8,94490	2
	Total	93,5036	15,18047	14

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso fresco por tufo

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1124,581 ^a	6	187,430	,701	,659
Intercept	116669,324	1	116669,324	436,444	,000
Tratamento	654,040	2	327,020	1,223	,350
Repetição	425,042	4	106,261	,398	,805
Error	1871,226	7	267,318		
Total	125396,658	14			
Corrected Total	2995,807	13			

a. R Squared = ,375 (Adjusted R Squared = -,160)

Anexo 24 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao peso seco por tufo de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Pstufo

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	8,1500	.	1
	2	10,1000	.	1
	3	8,4500	.	1
	4	8,8000	.	1
	5	9,1500	.	1
	Total	8,9300	,75382	5
II	1	11,3500	.	1
	2	9,6500	.	1
	3	10,6000	.	1
	4	11,9500	.	1
	5	11,6500	.	1
	Total	11,0400	,92493	5
III	1	5,7500	.	1
	2	10,9500	.	1
	3	10,7500	.	1
	4	6,0500	.	1
	Total	8,3750	2,86167	4
Total	1	8,4167	2,80951	3
	2	10,2333	,66018	3
	3	9,9333	1,28679	3
	4	8,9333	2,95226	3
	5	10,4000	1,76777	2
	Total	9,5250	1,93746	14

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso seco por tufo

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25,452 ^a	6	4,242	1,272	,376
Intercept	1199,009	1	1199,009	359,503	,000
Tratamento	17,180	2	8,590	2,576	,145
Repetição	6,916	4	1,729	,518	,726
Error	23,346	7	3,335		
Total	1318,958	14			
Corrected Total	48,799	13			

a. R Squared = ,522 (Adjusted R Squared = ,112)

Anexo 25 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao peso fresco por planta de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Peso fresco por planta

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	8,5300	.	1
	2	11,3350	.	1
	3	10,9750	.	1
	4	13,5900	.	1
	5	18,7000	.	1
	Total	12,6260	3,84033	5
II	1	14,0600	.	1
	2	10,2150	.	1
	3	10,6850	.	1
	4	21,3600	.	1
	5	23,0450	.	1
	Total	15,8730	5,99500	5
III	1	10,2250	.	1
	2	12,1600	.	1
	3	14,5800	.	1
	4	14,8350	.	1
	Total	12,9500	2,18020	4
	Total	1	10,9383	2,83317
2		11,2367	,97622	3
3		12,0800	2,16991	3
4		16,5950	4,17330	3
5		20,8725	3,07238	2
Total		13,8782	4,36943	14

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso fresco por planta

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	203,242 ^a	6	33,874	5,275	,023
Intercept	2752,621	1	2752,621	428,631	,000
Tratamento	26,696	2	13,348	2,079	,196
Repetição	172,059	4	43,015	6,698	,015
Error	44,953	7	6,422		
Total	2944,662	14			
Corrected Total	248,195	13			

a. R Squared = ,819 (Adjusted R Squared = ,664)

Anexo 26 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao peso seco por tufo de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Peso seco por planta

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	,8650	.	1
	2	1,1350	.	1
	3	1,2050	.	1
	4	1,3700	.	1
	5	1,8300	.	1
	Total	1,2810	,35689	5
II	1	1,4450	.	1
	2	1,0800	.	1
	3	1,1200	.	1
	4	2,3900	.	1
	5	2,5300	.	1
	Total	1,7130	,69821	5
III	1	,8250	.	1
	2	1,2850	.	1
	3	1,3700	.	1
	4	1,3900	.	1
	Total	1,2175	,26560	4
Total	1	1,0450	,34699	3
	2	1,1667	,10611	3
	3	1,2317	,12712	3
	4	1,7167	,58321	3
	5	2,1800	,49497	2
Total	1,4171	,50845	14	

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso seco por planta

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2,638 ^a	6	,440	4,258	,040
Intercept	28,451	1	28,451	275,530	,000
Tratamento	,498	2	,249	2,412	,160
Repetição	1,948	4	,487	4,717	,037
Error	,723	7	,103		
Total	31,477	14			
Corrected Total	3,361	13			

a. R Squared = ,785 (Adjusted R Squared = ,601)

Anexo 27 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à percentagem de matéria seca de espina fre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Percentagem de matéria seca

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	10,1050	.	1
	2	10,0000	.	1
	3	10,9900	.	1
	4	10,0900	.	1
	5	9,7800	.	1
	Total	10,1930	,46405	5
II	1	10,3250	.	1
	2	10,5550	.	1
	3	10,4700	.	1
	4	11,1700	.	1
	5	10,9850	.	1
	Total	10,7010	,35940	5
III	1	8,0300	.	1
	2	10,5700	.	1
	3	9,3950	.	1
	4	9,2200	.	1
	Total	9,3038	1,03942	4
Total	1	9,4867	1,26630	3
	2	10,3750	,32485	3
	3	10,2850	,81343	3
	4	10,1600	,97688	3
	5	10,3825	,85206	2
	Total	10,1204	,83199	14

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Percentagem de matéria seca

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5,852 ^a	6	,975	2,170	,167
Intercept	1349,527	1	1349,527	3002,314	,000
Tratamento	4,230	2	2,115	4,705	,051
Repetição	1,473	4	,368	,819	,552
Error	3,146	7	,449		
Total	1442,902	14			
Corrected Total	8,999	13			

a. R Squared = ,650 (Adjusted R Squared = ,351)

Anexo 28 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à produção de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Produção

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	3,9108	.	1
	2	3,8848	.	1
	3	3,8748	.	1
	4	3,9644	.	1
	5	4,1516	.	1
	Total	3,9573	,11405	5
II	1	4,7444	.	1
	2	4,0644	.	1
	3	4,2915	.	1
	4	4,7144	.	1
	5	4,7364	.	1
	Total	4,5102	,31396	5
III	1	3,5616	.	1
	2	3,5660	.	1
	3	4,0088	.	1
	4	4,3940	.	1
	Total	3,8826	,40031	4
Total	1	4,0723	,60771	3
	2	3,8384	,25242	3
	3	4,0584	,21272	3
	4	4,3576	,37632	3
	5	4,4440	,41352	2
	Total	4,1334	,39649	14

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Produção

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,635 ^a	6	,273	4,667	,032
Intercept	227,890	1	227,890	3903,307	,000
Tratamento	1,002	2	,501	8,582	,013
Repetição	,518	4	,130	2,220	,168
Error	,409	7	,058		
Total	241,236	14			
Corrected Total	2,044	13			

a. R Squared = ,800 (Adjusted R Squared = ,629)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Produção

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-,5529*	,15282	,020	-1,0030	-,1029
	III	,0747	,16209	,891	-,4027	,5520
II	I	,5529*	,15282	,020	,1029	1,0030
	III	,6276*	,16209	,015	,1503	1,1050
III	I	-,0747	,16209	,891	-,5520	,4027
	II	-,6276*	,16209	,015	-1,1050	-,1503

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,058.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 29 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à percentagem de N na matéria seca de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: N na matéria seca

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	3,1650	.	1
	2	3,1300	.	1
	3	2,9350	.	1
	4	3,3100	.	1
	5	3,5450	.	1
	Total		3,2170	,22695
II	1	3,6250	.	1
	2	3,9000	.	1
	3	3,4500	.	1
	4	3,5550	.	1
	5	3,4300	.	1
	Total		3,5920	,18956
III	1	4,1300	.	1
	2	3,7850	.	1
	3	3,6850	.	1
	4	3,5450	.	1
	Total		3,7863	,24941
Total	1	3,6400	,48267	3
	2	3,6050	,41536	3

3	3,3567	,38361	3
4	3,4700	,13865	3
5	3,4875	,08132	2
Total	3,5136	,31675	14

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: N na matéria seca

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,938 ^a	6	,156	2,982	,089
Intercept	166,962	1	166,962	3186,301	,000
Tratamento	,784	2	,392	7,477	,018
Repetição	,170	4	,042	,809	,557
Error	,367	7	,052		
Total	174,137	14			
Corrected Total	1,304	13			

a. R Squared = ,719 (Adjusted R Squared = ,478)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: N na material seca

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-,3750	,14478	,081	-,8014	,0514
	III	-,5693*	,15356	,018	-1,0215	-,1170
II	I	,3750	,14478	,081	-,0514	,8014
	III	-,1942	,15356	,456	-,6465	,2580
III	I	,5693*	,15356	,018	,1170	1,0215
	II	,1942	,15356	,456	-,2580	,6465

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,052.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 30 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes ao teor de nitrato em pecíolos de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: mg NO₃⁻ g de peso seco do pecíolo

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	44,9930	.	1
	2	14,5140	.	1
	3	37,7360	.	1
	Total	32,4143	15,92113	3
II	1	39,1870	.	1
	2	40,6390	.	1
	3	42,0900	.	1
	Total	40,6387	1,45150	3
III	1	49,3470	.	1
	2	29,0280	.	1
	3	23,2220	.	1
	Total	33,8657	13,71791	3
Total	1	44,5090	5,09726	3
	2	28,0603	13,08935	3
	3	34,3493	9,87940	3
	Total	35,6396	11,19799	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: mg NO₃⁻ g de peso seco do pecíolo

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	528,949 ^a	4	132,237	1,115	,459
Intercept	11431,601	1	11431,601	96,426	,001
Tratamento	115,620	2	57,810	,488	,646
Repetição	413,329	2	206,664	1,743	,285
Error	474,212	4	118,553		
Total	12434,762	9			
Corrected Total	1003,161	8			

a. R Squared = ,527 (Adjusted R Squared = ,055)

Anexo 31 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao teor de nitrato em limbos de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: mg NO₃⁻ g de peso seco do limbo

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	24,6730	.	1
	2	43,5410	.	1
	3	49,3470	.	1
	Total	39,1870	12,90037	3
II	1	46,4440	.	1
	2	40,6390	.	1
	3	44,9930	.	1
	Total	44,0253	3,02106	3
III	1	34,8330	.	1
	2	39,1870	.	1
	3	44,9930	.	1
	Total	39,6710	5,09726	3
Total	1	35,3167	10,89356	3
	2	41,1223	2,21688	3
	3	46,4443	2,51378	3
	Total	40,9611	7,46375	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: mg NO₃⁻ g de peso seco do limbo

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	228,458 ^a	4	57,115	1,052	,481
Intercept	15100,314	1	15100,314	278,087	,000
Tratamento	42,604	2	21,302	,392	,699
Repetição	185,854	2	92,927	1,711	,290
Error	217,202	4	54,301		
Total	15545,974	9			
Corrected Total	445,661	8			

a. R Squared = ,513 (Adjusted R Squared = ,025)



Anexo 32 - Estatísticas descritivas e tabela da ANOVA obtidas no SPSS referentes à ao teor de nitrato em pecíolos e limbos de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: mgNO₃/g de peso seco da parte da folha

Tratamento	Repetição	Parte da Folha	Mean	Std. Deviation	N
I	1,00	Limbo	24,6730	.	1
		Peciolo	44,9930	.	1
		Total	34,8330	14,36841	2
	2,00	Limbo	43,5410	.	1
		Peciolo	14,5140	.	1
		Total	29,0275	20,52519	2
	3,00	Limbo	49,3470	.	1
		Peciolo	37,7360	.	1
		Total	43,5415	8,21022	2
	Total	Limbo	39,1870	12,90037	3
		Peciolo	32,4143	15,92113	3
		Total	35,8007	13,48041	6
II	1,00	Limbo	46,4440	.	1
		Peciolo	39,1870	.	1
		Total	42,8155	5,13147	2
	2,00	Limbo	40,6390	.	1
		Peciolo	40,6390	.	1
		Total	40,6390	,00000	2
	3,00	Limbo	44,9930	.	1
		Peciolo	42,0900	.	1
		Total	43,5415	2,05273	2
	Total	Limbo	44,0253	3,02106	3
		Peciolo	40,6387	1,45150	3
		Total	42,3320	2,81679	6
III	1,00	Limbo	34,8330	.	1
		Peciolo	49,3470	.	1
		Total	42,0900	10,26295	2
	2,00	Limbo	39,1870	.	1
		Peciolo	29,0280	.	1
		Total	34,1075	7,18350	2
	3,00	Limbo	44,9930	.	1
		Peciolo	23,2220	.	1
		Total	34,1075	15,39442	2
	Total	Limbo	39,6710	5,09726	3
		Peciolo	33,8657	13,71791	3
		Total	36,7683	9,78651	6
Total	1,00	Limbo	35,3167	10,89356	3

	Pecíolo	44,5090	5,09726	3
	Total	39,9128	9,12197	6
	Limbo	41,1223	2,21688	3
2,00	Pecíolo	28,0603	13,08935	3
	Total	34,5913	11,03100	6
	Limbo	46,4443	2,51378	3
3,00	Pecíolo	34,3493	9,87940	3
	Total	40,3968	9,24421	6
	Limbo	40,9611	7,46375	9
Total	Pecíolo	35,6396	11,19799	9
	Total	38,3003	9,62917	18

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: mgNO₃/g de peso seco da parte da folha

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	401,046 ^a	5	80,209	,819	,559
Intercept	26404,480	1	26404,480	269,615	,000
Tratamento	149,098	2	74,549	,761	,488
Repetição	124,513	2	62,256	,636	,546
Parte da Folha	127,435	1	127,435	1,301	,276
Error	1175,210	12	97,934		
Total	27980,736	18			
Corrected Total	1576,257	17			

a. R Squared = .254 (Adjusted R Squared = -.056)

Anexo 33 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à leitura SPAD aos 24 DAP em folhas de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: SPAD 24 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	36,4000	.	1
	2	39,6300	.	1
	3	41,6000	.	1
	4	38,2300	.	1
	5	39,0800	.	1
	Total		38,9880	1,90496
II	1	44,4000	.	1

	2	39,5000	.	1
	3	43,9300	.	1
	4	42,8000	.	1
	5	44,9000	.	1
	Total	43,1060	2,16037	5
III	1	37,7000	.	1
	2	38,6500	.	1
	3	38,7000	.	1
	4	41,0000	.	1
	Total	39,0125	1,40260	4
Total	1	39,5000	4,29302	3
	2	39,2600	,53226	3
	3	41,4100	2,62017	3
	4	40,6767	2,30209	3
	5	41,9900	4,11536	2
Total	40,4657	2,67908	14	

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SPAD 24 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	65,637 ^a	6	10,940	2,768	,105
Intercept	21813,247	1	21813,247	5518,379	,000
Tratamento	51,023	2	25,511	6,454	,026
Repetição	11,416	4	2,854	,722	,604
Error	27,670	7	3,953		
Total	23017,944	14			
Corrected Total	93,307	13			

a. R Squared = ,703 (Adjusted R Squared = ,449)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: SPAD 24 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-4,1180*	1,25743	,032	-7,8212	-,4148
	III	-,0245	1,33371	1,000	-3,9523	3,9033
II	I	4,1180*	1,25743	,032	,4148	7,8212
	III	4,0935*	1,33371	,042	,1657	8,0213
III	I	,0245	1,33371	1,000	-3,9033	3,9523

II	-4,0935*	1,33371	,042	-8,0213	-,1657
----	----------	---------	------	---------	--------

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3,953.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 34 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à leitura SPAD aos 36 DAP em folhas de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: SPAD 36 DAP

Tratamento	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	1	38,7300	.	1
	2	38,1500	.	1
	3	37,6500	.	1
	4	37,2000	.	1
	5	40,6000	.	1
	Total	38,4660	1,32213	5
II	1	44,3000	.	1
	2	46,6500	.	1
	3	41,7800	.	1
	4	40,9000	.	1
	5	45,6300	.	1
	Total	43,8520	2,45959	5
III	1	39,9500	.	1
	2	40,6500	.	1
	3	41,0500	.	1
	4	38,8000	.	1
	Total	40,1125	,98605	4
Total	1	40,9933	2,92791	3
	2	41,8167	4,36845	3
	3	40,1600	2,20416	3
	4	38,9667	1,85562	3
	5	43,1150	3,55675	2
	Total	40,8600	2,90568	14

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SPAD 36 DAP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	98,544 ^a	6	16,424	10,252	,004
Intercept	22384,005	1	22384,005	13972,110	,000
Tratamento	73,351	2	36,676	22,893	,001
Repetição	22,893	4	5,723	3,572	,068
Error	11,214	7	1,602		
Total	23483,313	14			
Corrected Total	109,759	13			

a. R Squared = ,898 (Adjusted R Squared = ,810)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: SPAD 36 DAP

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-5,3860*	,80051	,001	-7,7436	-3,0284
	III	-1,6465	,84907	,198	-4,1471	,8541
II	I	5,3860*	,80051	,001	3,0284	7,7436
	III	3,7395*	,84907	,008	1,2389	6,2401
III	I	1,6465	,84907	,198	-,8541	4,1471
	II	-3,7395*	,84907	,008	-6,2401	-1,2389

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,602.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Anexo 35 - Estatísticas descritivas, tabela da ANOVA e comparações múltiplas (teste de Tukey) obtidas no SPSS referentes à leitura SPAD aos 24 e 36 DAP em folhas de espinafre.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: LeituraSPAD

Tratamento	Data	Repetição	Mean	Std. Deviation	N
I	24 DAP	1	36,4000	.	1
		2	39,6300	.	1
		3	41,6000	.	1
		4	38,2300	.	1
		5	39,0800	.	1
		Total		38,9880	1,90496

II	36 DAP	1	38,7300	.	1
		2	38,1500	.	1
		3	37,6500	.	1
		4	37,2000	.	1
		5	40,6000	.	1
		Total	38,4660	1,32213	5
	Total	1	37,5650	1,64756	2
		2	38,8900	1,04652	2
		3	39,6250	2,79307	2
		4	37,7150	,72832	2
		5	39,8400	1,07480	2
		Total	38,7270	1,57017	10
	24 DAP	1	44,4000	.	1
		2	39,5000	.	1
		3	43,9300	.	1
4		42,8000	.	1	
5		44,9000	.	1	
Total		43,1060	2,16037	5	
36 DAP	1	44,3000	.	1	
	2	46,6500	.	1	
	3	41,7800	.	1	
	4	40,9000	.	1	
	5	45,6300	.	1	
	Total	43,8520	2,45959	5	
Total	1	44,3500	,07071	2	
	2	43,0750	5,05581	2	
	3	42,8550	1,52028	2	
	4	41,8500	1,34350	2	
	5	45,2650	,51619	2	
	Total	43,4790	2,21756	10	
24 DAP	1	37,7000	.	1	
	2	38,6500	.	1	
	3	38,7000	.	1	
	4	41,0000	.	1	
	Total	39,0125	1,40260	4	
	36 DAP	1	39,9500	.	1
2		40,6500	.	1	
3		41,0500	.	1	
4		38,8000	.	1	
Total		40,1125	,98605	4	
Total		1	38,8250	1,59099	2
	2	39,6500	1,41421	2	
III	36 DAP	1	39,9500	.	1
		2	40,6500	.	1
		3	41,0500	.	1
		4	38,8000	.	1
		Total	40,1125	,98605	4
		Total	1	38,8250	1,59099
	2	39,6500	1,41421	2	

		3	39,8750	1,66170	2
		4	39,9000	1,55563	2
		Total	39,5625	1,26710	8
		1	39,5000	4,29302	3
		2	39,2600	,53226	3
	24 DAP	3	41,4100	2,62017	3
		4	40,6767	2,30209	3
		5	41,9900	4,11536	2
		Total	40,4657	2,67908	14
		1	40,9933	2,92791	3
		2	41,8167	4,36845	3
		3	40,1600	2,20416	3
Total	36 DAP	4	38,9667	1,85562	3
		5	43,1150	3,55675	2
		Total	40,8600	2,90568	14
		1	40,2467	3,38675	6
		2	40,5383	3,11570	6
		3	40,7850	2,27116	6
	Total	4	39,8217	2,09151	6
		5	42,5525	3,20688	4
		Total	40,6629	2,74978	28

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Leitura SPAD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	141,149 ^a	7	20,164	6,401	,000
Intercept	44195,409	1	44195,409	14029,081	,000
Tratamento	120,310	2	60,155	19,095	,000
Data	1,088	1	1,088	,345	,563
Repetição	13,592	4	3,398	1,079	,393
Error	63,005	20	3,150		
Total	46501,257	28			
Corrected Total	204,154	27			

a. R Squared = ,691 (Adjusted R Squared = ,583)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Leitura SPAD

Tukey HSD

(I) Tratamento	(J) Tratamento	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
I	II	-4,7520*	,79376	,000	-6,7602	-2,7438
	III	-,8355	,84191	,590	-2,9655	1,2945
II	I	4,7520*	,79376	,000	2,7438	6,7602
	III	3,9165*	,84191	,000	1,7865	6,0465
III	I	,8355	,84191	,590	-1,2945	2,9655
	II	-3,9165*	,84191	,000	-6,0465	-1,7865

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3,150.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.



