

**Relatório Técnico-Científico para a Empresa  
TRABITE – Tratamento Ambiental, LDA.**



## **Validação de um Composto como Fertilizante para Efeitos de Legalização de Uso Agrícola**



Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária

**Escola Superior Agrária  
Castelo Branco, 2011**



**Responsável pelo Projecto**

Prof. Doutora Maria do Carmo Simões Mendonça Horta Monteiro

**Equipa do Projecto**

Prof. Doutora Maria do Carmo Simões Mendonça Horta Monteiro

Prof. Doutor João Paulo Baptista Carneiro

Prof. Doutor Paulo Manuel Pires Águas

Mestre Marta Sofia Solipa Batista

Mestre Vera Mónica Pires Cipriano

Mestre Pedro Filipe Viegas Sebastião

**Com a colaboração das Técnicas de Laboratório**

Aurora de Jesus Fernandes Poças

Maria Otília Bispo Baptista



# Índice

1 - Introdução	1
2 - Caracterização analítica do composto	3
3 - Ensaio de germinação de sementes em placa	7
3.1 - Material e métodos	7
3.2 - Resultados e discussão	7
3.3 - Conclusões	8
4 - Ensaio de incubação	9
4.1 - Material e métodos	9
4.2 - Resultados e discussão	12
4.3 - Conclusões	21
5 - Ensaio em vasos	23
5.1 - Material e métodos	23
5.2 - Resultados e discussão	26
5.3 - Conclusões	32
6 - Ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	33
6.1 - Material e métodos	33
6.2 - Resultados e discussão	34
6.3 - Conclusões	43
7 - Considerações finais	45
8 - Referências bibliográficas	47

## Índice de Figuras

Figura 1 - Pesagem da amostra até à capacidade de campo no ensaio de incubação	11
Figura 2 - Evolução da Matéria Orgânica ao longo do período de incubação	14
Figura 3 - Evolução do P-Al ao longo do período de incubação	15
Figura 4 - Evolução do P-Olsen ao longo período de incubação	17
Figura 5 - Evolução do $P_i$ ao longo período de incubação	18
Figura 6- Evolução do $P_o$ ao longo período de incubação	20
Figura 7 - Dados estatísticos relativos ao pH no ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	36
Figura 8 - Dados estatísticos relativos à M.O. no ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	37
Figura 9 - Dados estatísticos relativos à C.E. no ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	37
Figura 10 - Dados estatísticos relativos ao P assimilável no ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	38
Figura 11 - Dados estatísticos relativos ao K assimilável no ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	39
Figura 12 - Dados estatísticos relativos às bases de troca no ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	40
Figura 13 - Variação das médias de alguns parâmetros analisados ao longo do ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	41
Figura 14 - Dados estatísticos para a velocidade dos <i>greens</i>	42

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Parâmetros avaliados no composto e respectiva metodologia analítica	3
<b>Tabela 2</b> - Caracterização analítica do composto e quantidade de nutrientes (kg) veiculados por cada tonelada de matéria seca do composto	4
<b>Tabela 3</b> - Resultados do teste de germinação em placa (n=3)	8
<b>Tabela 4</b> - Metodologia analítica utilizada na caracterização do solo no ensaio de incubação	9
<b>Tabela 5</b> - Modalidades utilizadas no ensaio de incubação	10
<b>Tabela 6</b> - Data de colheita das amostras do ensaio de incubação	12
<b>Tabela 7</b> - Valores obtidos através da análise ao solo no ensaio de incubação	12
<b>Tabela 8</b> - Quantidade de elementos minerais adicionados ao solo nos tratamentos efectuados com o composto no ensaio de incubação	13
<b>Tabela 9</b> - Valores médios e nível de significância da Matéria Orgânica (%) no ensaio de incubação	15
<b>Tabela 10</b> - Valores médios e nível de significância P-Al ( $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ ) no ensaio de incubação	16
<b>Tabela 11</b> - Valores médios e nível de significância do P-Olsen ( $\text{mg P kg}^{-1}$ ) no ensaio de incubação	18
<b>Tabela 12</b> - Valores médios e nível de significância do $\text{P}_i$ ( $\text{mg P kg}^{-1}$ ) no ensaio de incubação	19
<b>Tabela 13</b> - Valores médios e nível de significância do $\text{P}_o$ ( $\text{mg P kg}^{-1}$ ) no ensaio de incubação	21
<b>Tabela 14</b> - Metodologia utilizada na análise de plantas e terras no ensaio em vasos	26
<b>Tabela 15</b> - Análise estatística de algumas propriedades do solo após o ensaio em vasos (CE-dS $\text{m}^{-1}$ , pH, MO-%, Nk-%, $\text{P}_2\text{O}_5$ e $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{mg kg}^{-1}$ )	27
<b>Tabela 16</b> - Análise estatística das bases de troca ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e Ca/Mg do solo após o ensaio em vasos (Ca, Mg, Na, K e Ca/Mg)	28
<b>Tabela 17</b> - Análise estatística do Cu, Zn, Mn, Pb ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) do solo após o ensaio em vasos	29
<b>Tabela 18</b> - Análise estatística da produção (MV, MS, em g) e teores em N e P (%) nas plantas nos três cortes no ensaio em vasos	29
<b>Tabela 19</b> - Teor em Ca, Mg e K (%) no azevém no 1º e 3º cortes do ensaio em vasos	31
<b>Tabela 20</b> - Teor em K no 3º corte (%) e em Na e Cu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no azevém no 1º e 3º cortes no ensaio em vasos	31
<b>Tabela 21</b> - Teor em Zn e Mn ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no azevém no 1º e 3º cortes no ensaio em vasos	32
<b>Tabela 22</b> - Resultados da análise da <i>rootzone</i> no ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	35
<b>Tabela 23</b> - Quantidade de nutrientes por <i>topdress</i> ( $\text{kg/ha}$ ) no ensaio em <i>greens</i> de campo de golfe	35

## Glossário

**Agrostis.** *Agrostis stolonifera*. Gramínea da família da *Poaceae*, usada como relva nos *greens*.

**Ball mark.** Depressão na relva provocada pelo impacto da bola.

**Dollar spot.** Doença da relva provocada pelo fungo *Sclerotinia homoeocarpa*. Os sintomas consistem em pequenas manchas cloróticas circulares de tamanho reduzido (moeda de dólar).

**Fairway.** Área entre o *Tee* e o *green* onde a relva é cortada de forma uniforme, sendo normalmente o sitio mais vantajoso por onde conduzir a bola.

**Green.** Zona onde está colocado o buraco, a relva está cortada a uma altura muito reduzida (2,5-5mm) e apresenta uma densidade e uniformidade que permite a utilização do *putter*.

**Greenkeeper.** Responsável técnico da manutenção do campo de golfe.

**PAR.** *Professional Average Result*. Número de tacadas previstas para um determinado buraco.

**Poa annua.** Infestante gramínea que invade os *greens* e prejudica a qualidade do jogo.

**Putter.** Taco utilizado para bater a bola quando esta se encontra no *green*.

**Rootzone.** Solo ou substrato onde está instalada a relva do *green*.

**Rough.** Área de relva que envolve o *Fairway*, cortada mais alto, dificultando as pancadas.

**Stimpmeter.** Aparelho que serve para medir a velocidade de um *green*, aplicando a uma bola uma força conhecida e medindo a distância por esta percorrida.

**Thatch.** Camada acastanhada composta por material vegetal morto, que se encontra entre a relva e a superfície do solo.

**Tee.** Área de relva diferenciada pela sua altura de corte onde o jogador dá a pancada de saída. Também pode ser uma pequena peça de madeira ou plástico onde o jogador coloca a bola quando está no *Tee* permitindo que esta fique acima da relva e facilitando a pancada.

**Topdress.** Operação que consiste no espalhamento de material inerte (normalmente areia) de forma uniforme no relvado de forma a regularizar a superfície de jogo e a combater o *thatch*.

**USGA.** United States Golf Association. Associação que regula o golfe nos Estados Unidos e México. Promove intensamente a investigação ao nível da construção e manutenção de campos de golfe.

**Velocidade dos green.** Distância percorrida (em pés ou cm) por uma bola de golfe num *green*, depois de lançada do *Stimpmeter*.

**Verticut.** Corte vertical. Operação que consiste num corte vertical das partes da planta com crescimento lateral de forma a estimular o crescimento da relva. Também é utilizado como forma de reduzir o *Thatch*.

## Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido na Escola Superior Agrária e teve como principal objectivo efectuar a validação de um composto como fertilizante. O composto é produzido pela Empresa TRABITE - Tratamento Ambiental, LDA. e resulta de um processo de compostagem de vários resíduos de origem orgânica, tais como: lamas de depuração urbanas provenientes de ETAR, resíduos de matadouro, resíduos do processamento de polpa da fruta, serradura e casca de pinho e cinzas de biomassa florestal. Para concretizar este objectivo realizaram-se os seguintes trabalhos experimentais: 1- Ensaio de germinação, com a finalidade de demonstrar que o composto, após incorporação no solo, não afecta negativamente a germinação das sementes; 2- Ensaio de incubação durante 4 meses, com a finalidade de avaliar a transformação do composto no solo no que diz respeito à evolução da matéria orgânica e da disponibilidade em fósforo assimilável para as culturas; 3- Ensaio em vasos, com um solo representativo da Região Interior Centro e utilizando como cultura uma espécie forrageira (azevém, *Lolium* spp.), com o objectivo de avaliar o efeito fertilizante do composto sobre as propriedades do solo e sobre a produção e qualidade da cultura, 4- Ensaio de campo, num *green* de um campo de golfe, para em condições reais avaliar a possibilidade deste composto ser utilizado como alternativa à fertilização tradicional. Os resultados obtidos permitem concluir que o composto não apresentou efeitos de fitotoxicidade. Observou-se que a disponibilização em nutrientes, nomeadamente azoto e fósforo, por parte do composto só ocorrerá passados três a quatro meses, após a sua incorporação ao solo, aconselhando-se, por este motivo, a que no planeamento da fertilização este facto seja tomado em consideração. A aplicação do composto não teve efeito significativo no teor em micronutrientes e metais pesados no solo e nas plantas (Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Cr e Ni). O efeito sobre o teor em matéria orgânica do solo só poderá ser apreciado em ensaios de mais longa duração, manifestando este composto a capacidade de fornecer nutrientes de uma forma gradual às culturas. No entanto, no ensaio de incubação observou-se um efeito benéfico no teor em Matéria Orgânica do solo, na dose mais elevada de aplicação de composto. Neste trabalho a dose máxima de composto utilizada foi a correspondente à incorporação de 10 t de matéria seca de composto por hectare.

Uma granulometria inferior a 2mm e um teor de humidade ligeiramente mais baixo facilitarão a sua aplicação ao solo. Este aspecto será particularmente importante se o composto for utilizado em *topdress* nos *greens* de campos de golfe.



## 1. Introdução

No presente relatório apresentam-se os resultados obtidos sobre a validação de um composto como fertilizante (Portaria n.º 1322/2006, de 24 de Novembro), produzido pela Empresa TRABITE—Tratamento Ambiental,LDA. Este composto resulta de um processo de compostagem de vários resíduos de origem orgânica, tais como: lamas de depuração urbanas provenientes de ETAR, resíduos de matadouro, resíduos do processamento de polpa da fruta, serradura e casca de pinho e cinzas de biomassa florestal. O composto obtido apresenta uma composição analítica que permitiu à Empresa produtora a sua classificação como //A (destinando-se à aplicação em culturas agrícolas arbóreas e arbustivas, nomeadamente pomares, olivais e vinhas, bem como a espécies silvícolas), segundo o Quadro Normativo em vigor.

O trabalho desenvolvido na Escola Superior Agrária decorre da necessidade da Empresa em demonstrar que a utilização do composto como fertilizante não conduz a efeitos negativos sobre o solo ou sobre a produção e qualidade das culturas. Para concretizar este objectivo realizaram-se os seguintes trabalhos experimentais: 1- Ensaio de germinação, com a finalidade de demonstrar que o composto, após incorporação no solo, não afecta negativamente a germinação das sementes; 2- Ensaio de incubação durante 4 meses, com a finalidade de avaliar a transformação do composto no solo no que diz respeito à evolução da matéria orgânica e da disponibilidade em fósforo assimilável para as culturas; 3- Ensaio em vasos, com um solo representativo da Região Interior Centro e utilizando como cultura uma espécie forrageira (azevém, *Lolium* spp.), com o objectivo de avaliar o efeito fertilizante do composto sobre as propriedades do solo e sobre a produção e qualidade da cultura, 4- Ensaio de campo, num *green* de um campo de golfe, para em condições reais avaliar a possibilidade deste composto ser utilizado como alternativa à fertilização tradicional.

Os trabalhos realizados apresentam-se de forma independente constituindo cada um o respectivo capítulo. Apresenta-se inicialmente a caracterização analítica do composto e, com base nessa caracterização, uma avaliação preliminar do seu possível efeito como fertilizante.



## 2 - Caracterização analítica do composto

Na Tabela 1 apresentam-se os parâmetros avaliados no composto e a respectiva metodologia analítica e na Tabela 2 apresenta-se a sua caracterização analítica.

Tabela 1- Parâmetros avaliados no composto e respectiva metodologia analítica

Parâmetros	Metodologia	Unidades
Humidade	Norma EN 12880:2000 - Método Gravimétrico	%
pH (H <sub>2</sub> O)	Norma EN NP 12176:2000 - Potenciometria (1:5)	
Condutividade eléctrica (1:5)	Método Interno (Condutímetro)	dS m <sup>-1</sup>
Matéria Orgânica	Norma EN 12879:2000	%
Azoto (N-Total)	Norma EN 13342:1995	%
Azoto (N-Org)	Método de Kjeldahl (Modificado)	%
Azoto (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Método de Kjeldahl (Modificado)	%
Cloretos (Cl <sup>-</sup> )	Método de Mohr	mg 100g <sup>-1</sup>
Fósforo total (P)	Norma EN 13346:2005 (Extracção por Água Régia) e doseamento por espectrofotometria de absorção molecular (colorimetria)	%
Potássio total (K) Cálcio total (Ca), Magnésio total (Mg), Sódio total (Na), Ferro Total (Fe), Manganês total (Mn)	Método de extracção com HCl (1+1) e doseamento por espectrofotometria de absorção atómica	mg kg <sup>-1</sup>
Zinco total (Zn), Cobre total (Cu), Chumbo total (Pb), Cádmio total (Cd), Níquel total (Ni), Crómio total (Cr)	Norma EN 13346:2005 (Extracção por Água Régia) e doseamento por espectrofotometria de absorção atómica	mg kg <sup>-1</sup>

\*Métodos em uso no laboratório de solos e fertilidade da Escola Superior Agrária

A caracterização analítica do composto está referida em duas colunas, uma que diz respeito ao composto que a Escola Superior Agrária recebeu e com o qual realizou os ensaios e na outra coluna a análise que foi fornecida pela TRABITE. Observa-se alguma variabilidade nos valores dos diversos parâmetros, o que é uma situação regular pois a composição dos resíduos que originam o composto pode apresentar também alguma variabilidade. No entanto, no que diz respeito à razão C/N, N-total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O os resultados são similares.

Tabela 2 - Caracterização analítica do composto e quantidade de nutrientes (kg) veiculados por cada tonelada de matéria seca do composto

Parâmetros*	Unidades		Composto ESA (1)	Composto TRABITE (2)	Nut.(kg)/ tonelada composto (MS)
Humidade a 80 °C	%		34,87		
Humidade a 105 °C	%		37,10		
pH			6,3	8,7	
Condutividade eléctrica	dS.m <sup>-1</sup>		1,34		
Matéria Orgânica	%		41,2	51,0	
C/N			10	13,3	
C/P			17		
Dap	m/v		0,48		
Azoto total	N- Total	%	1,53	0,9	9 - 15,3
Azoto orgânico	N-Org	%	1,40		
Azoto Amoniacal	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	%	n.q.		
Fósforo total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	1,4	1,2	12 - 14
Potássio total	K <sub>2</sub> O	%	0,77	0,55	5,5 - 7,7
Cálcio total	Ca	%	0,15	5,1	1,5 - 51
Magnésio total	Mg	%	0,02	0,28	0,2 - 2,8
Sódio total	Na	%	0,09	0,14	0,9 - 1,4
Cloretos	Cl <sup>-</sup>	mg.100g <sup>-1</sup>	0,75		
Ferro total	Fe	%	0,72		7,2
Manganês total	Mn	mg.kg <sup>-1</sup>	457		0,46
Zinco total	Zn	mg.kg <sup>-1</sup>	199	898	0,19 - 0,89
Cobre total	Cu	mg.kg <sup>-1</sup>		148	0,15
Chumbo total	Pb	mg.kg <sup>-1</sup>	24,5	50,3	0,025 - 0,050
Cádmio total	Cd	mg.kg <sup>-1</sup>	n.q.	0,76	-
Níquel total	Ni	mg.kg <sup>-1</sup>	26,1	110	0,11 - 0,026
Crómio total	Cr	mg.kg <sup>-1</sup>	34,4	49,9	0,034 - 0,049

\*Todos os parâmetros analisados são referidos à matéria seca do composto, excepto pH e CE.

(1) Analisado na Escola Superior Agrária.

(2) Análise fornecida pela TRABITE.

Como se pode observar o composto apresenta um teor de humidade não muito elevado, considerando-se no entanto ser mais favorável diminuir esse teor, não só para economia de transporte como para a distribuição ao solo. É um produto pouco ácido a alcalino. A presença de bases, em especial, Ca, Mg e K irá enriquecer os solos nestes elementos que são essenciais à nutrição das plantas, aspecto importante uma vez que a maioria dos nossos solos manifestam níveis baixos em bases, principalmente em cálcio. É um produto que tem um teor em P suficientemente elevado para se poder considerar como fonte deste nutriente no planeamento da fertilização. A C/P é baixa indicando facilidade na mineralização do P

orgânico. Relativamente aos micronutrientes e metais pesados incorpora no solo quantidades baixas e muito inferiores ao referido no DL276/2009 de 2 de Outubro para utilização agrícola de lamas de ETAR e relativamente aos valores máximos admissíveis para composto da *Classe II/A*. O seu teor em azoto leva a concluir que poderá fornecer uma dose significativa de azoto em termos de fertilização, no entanto devido ao facto de nas etapas iniciais de mineralização da matéria orgânica no solo ocorrer alguma imobilização deste azoto, será aconselhável realizar um ensaio para verificação desta situação neste composto.

O composto não apresenta valores indicativos de contaminação por microrganismos patogénicos, segundo os valores inscritos no boletim analítico da Empresa.



### 3 - Ensaio de germinação de sementes em placa

Este ensaio foi efectuado como o objectivo de avaliar a fitotoxicidade do composto sobre a inibição da capacidade germinativa da semente.

#### 3.1 - Material e métodos

Realizou-se em laboratório um teste de germinação em placa com sementes de agrião (*Lepidium sativum* L.) adaptado de Zucconi *et al.* (1981), através do seguinte processo: a amostra do composto seca (80°C) e crivada (2 mm) foi misturada com água destilada, pré-aquecida a 60 °C, nas proporções de 0; 20 e 40 % (volume/volume), e posteriormente colocados num agitador rotativo a 200 rpm durante 3 horas. Dos extractos, obtidos por filtragem através de discos Whatman 2, pipetaram-se 3 ml para placas de Petri de 9 cm diâmetro, previamente forradas com discos de papel de filtro Whatman 42. Distribuíram-se 50 sementes de agrião por cada placa de Petri, que depois de devidamente seladas com parafilme, foram colocadas numa estufa a temperatura controlada de 28° C, sem iluminação. A percentagem de germinação foi registada ao quarto e décimo dia. O teste foi conduzido com três repetições por tratamento. O agrião é a planta teste utilizada uma vez que é muito susceptível a toxicidade motivada por excesso de elementos minerais ou substâncias orgânicas fitotóxicas.

#### 3.2 - Resultados e discussão

O teste de germinação de sementes é utilizado para verificar o grau de maturação dos materiais compostados. A maturação de um composto refere-se à presença ou não de substâncias fitotóxicas que ocorrem durante a compostagem (Darlington, 2011; Zucconi *et al.*, 1981).

O grau de maturação e a estabilidade de um composto apesar de estarem correlacionados são dois parâmetros diferentes da qualidade de um composto. Há compostos que apesar de já estarem estabilizados, necessitam ainda mais algum tempo para degradar algumas substâncias fitotóxicas (Wu *et al.*, 2000).

O teste de germinação em placa pode ser considerado como teste de avaliação final da maturação de um composto (Abad *et al.*, 1993; Zucconi *et al.*, 1981). O Guia do Ministério do Ambiente Canadiano - CCME (1996), preconiza que a germinação de *Lepidium sativum* L. em extractos aquosos de compostos orgânicos deve atingir valores acima de 90% de germinação em relação ao controlo. Segundo Zucconi *et al.* (1981), um composto está livre de fito-toxinas e a sua utilização é segura quando os valores de germinação estiverem acima de 50%.

Os resultados obtidos no teste de germinação em placa (Tabela 3) mostram que no extracto aquoso a 20%, os resultados estão claramente acima de 90%, o que sugere que o composto apresenta um grau de maturação adequado. Os resultados do extracto aquoso a 40% estão abaixo dos 50%, o que indica que houve quebra na capacidade germinativa. O facto de o composto em estudo apresentar uma relação C/N baixa (10) e segundo Silva e Villas Bôas (2007), existir uma correlação significativa entre a relação C/N e a percentagem de germinação, apresentando comportamentos inversos, levando a que para uma baixa relação C/N esteja associada uma elevada degradação de substâncias fitotóxicas no composto, sugere que esta quebra na taxa germinativa possa estar ligada eventualmente a metais pesados presentes no composto, no entanto a aplicação do composto incorporou quantidades muito baixas destes elementos, pelo que este resultado deverá ser confirmado.

Tabela 3 - Resultados do teste de germinação em placa (n=3)

Amostra	Controlo		Extracto aquoso a 20%		Extracto aquoso a 40%	
	Nº sementes germinadas	% de germinação em relação ao controlo	Nº sementes germinadas	% de germinação em relação ao controlo	Nº sementes germinadas	% de germinação em relação ao controlo
Amostra 1	45	100%	43	95,60%	10	22,20%
Amostra 2	42	100%	42	100%	20	47,60%
Amostra 3	46	100%	43	93,50%	16	34,80%
Média	44,3	100%	42,7	96%	15,3	35%
Mediana	45,0	100%	43,0	96%	16,0	35%
Desvio Padrão	1,70	0%	0,47	3%	4,11	10%

### 3.3 - Conclusões

Os resultados obtidos neste teste sugerem que o composto tem um grau de maturação adequado para a sua utilização como fertilizante, no entanto outros ensaios de germinação deverão ser realizados no futuro, utilizando sementes de *Agrostis stolonifera* (utilizada nos greens) e de outras espécies de forma a consolidar a informação sobre a qualidade do produto.

## 4 - Ensaio de incubação

Sob o ponto de vista agronómico e ambiental o conhecimento da disponibilização de P para o solo, proveniente de um produto compostado rico em P é da maior importância, pois poderá conduzir a uma menor utilização de adubos fosfatados. Este ensaio teve os seguintes objectivos:

- Avaliar a disponibilidade em P ao longo do tempo (4 meses), após incorporação no solo de um composto com um teor em P elevado. A comparação será feita relativamente a um adubo fosfatado;
- Avaliar a evolução em matéria orgânica (MO) ao longo do tempo (4 meses), após incorporação no solo do composto.

### 4.1 - Material e métodos

#### Solo Inicial

O trabalho foi desenvolvido a partir de uma amostra de solo colhida nos primeiros 30 cm de profundidade. O solo utilizado foi um Regosol (IUSS, 2006) derivado de granito, localizado na Quinta da Sra. de Mércules. A sua caracterização foi efectuada no Laboratório de Solos e Fertilidade da Escola Superior Agrária de Castelo Branco (LSF). Na tabela 4 indicam-se os parâmetros analíticos avaliados e respectiva metodologia.

Tabela 4 - Metodologia analítica utilizada na caracterização do solo no ensaio de incubação

Parâmetros	Metodologia	Unidades	
Textura Manual	---		
Humidade	Secagem em estufa a 105°C até peso constante	%	
pH (H <sub>2</sub> O)	Norma ISO 10390:2005 - Potenciometria (em suspensão 1:2,5)		
pH (KCl)	Norma ISO 10390:2005 - Potenciometria (em suspensão 1:2,5)		
Condutividade eléctrica	Método Interno; suspensão de terra em água, 1:5	dS m <sup>-1</sup>	
Matéria Orgânica - Solo Inicial	Método de Walkley & Black (Modificado)	%	
Matéria Orgânica - Amostra	Método Gravimétrico - Incineração (Secagem a 180°C)	%	
Potássio Assimilável (K <sub>2</sub> O)	Método de Egnér <i>et al</i> 1960	mg kg <sup>-1</sup>	
Fósforo "Biodisponível"	P-Al	Método de Egnér <i>et al</i> 1960	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg <sup>-1</sup>
	P-Olsen	Método de Olsen <i>et al</i> 1954	mg P kg <sup>-1</sup>
Fósforo inorgânico (P <sub>i</sub> )	Extracção: ácido sulfúrico 0,5N; doseamento: colorimetria por espectrofotometria de absorção molecular	mg P kg <sup>-1</sup>	
Fósforo Total (P <sub>t</sub> ) Fósforo Orgânico (P <sub>o</sub> )= (P <sub>t</sub> -P <sub>i</sub> )	Incineração e Extracção: ácido sulfúrico 0,5N; doseamento: colorimetria por espectrofotometria de absorção molecular		

## Composto

O produto utilizado foi cedido pela Empresa TRABITE—Tratamento Ambiental, LDA, e encontra-se em processo de legalização como fertilizante do solo, como atrás foi referido. A sua caracterização analítica encontra-se na Tabela 2 do capítulo 2.

## Instalação do ensaio

Na instalação do ensaio e em cada repetição das várias modalidades utilizou-se 1,5 kg de terra crivada a 2mm. Durante o ensaio foram avaliados os seguintes parâmetros: P biodisponível (P-AL e P-Olsen), P inorgânico e orgânico e matéria orgânica. A metodologia utilizada encontra-se na Tabela 4.

O delineamento estatístico seguido foi o de bifactorial completa: dose de fósforo aplicada X tipo de fertilizante incorporado (Tabela 5). A dose de  $P_2O_5$  incorporada foi a correspondente à aplicação de 0; 60 ou 120 kg de  $P_2O_5$ /ha, sob a forma de adubo superfosfato de cálcio a 18% ou sob a forma de composto com 1,4% de  $P_2O_5$ .

Tabela 5 - Modalidades utilizadas no ensaio de incubação

Fertilizantes	Doses		
	0 kg $P_2O_5$ /ha	60 kg $P_2O_5$ /ha	120 kg $P_2O_5$ /ha
Composto	0	CD1 <sup>1</sup>	CD2 <sup>2</sup>
Adubo	0	AD1 <sup>3</sup>	AD2 <sup>4</sup>

Foram efectuadas 4 repetições de cada modalidade num total de 24 vasos. Foi considerado como testemunha a modalidade sem aplicação de composto ou adubo.

Cálculo da quantidade de composto e adubo a aplicar por modalidade:

- Fósforo total do composto: 1,4 %  $P_2O_5$
- Massa de terra fina por ha: 2000t

## Composto:

3,2 g de composto seco por cada vaso com 1,5 kg de terra corresponde à aplicação de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha (CD1)

6,4 g de composto seco por cada vaso com 1,5 kg de terra corresponde à aplicação de 120 kg /ha de  $P_2O_5$  (CD2)

Adubo (Superfosfato de cálcio a 18 %):

<sup>1</sup> CD1 – Amostra com a dose 1 de composto

<sup>2</sup> CD2 – Amostra com a dose 2 de composto

<sup>3</sup> AD1 – Amostra com a dose 1 de Adubo (Superfosfato de cálcio a 18%)

<sup>4</sup> AD2 – Amostra com a dose 1 de Adubo (Superfosfato de cálcio a 18%)

0,25 g de adubo por cada vaso com 1,5 kg de terra corresponde à aplicação de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  (AD1)

0,50 g de adubo por cada vaso com 1,5 kg de terra corresponde à aplicação de 120 kg/ha de  $P_2O_5$  (AD2).

A quantidade de composto que seria aplicada por hectare na modalidade CD1 corresponderia a 4 t de matéria seca de composto e na modalidade CD2 a 8 t de matéria seca de composto. A modalidade 0 corresponde à modalidade testemunha.

#### Colocação dos vasos à Capacidade de Campo

Colocou-se 1,5 kg de terra num vaso e aplicou-se água até ocorrer drenagem. O vaso foi tapado e deixado a drenar durante 24h. Após este período pesou-se novamente o vaso cujo peso corresponde à capacidade de campo. As modalidades foram mantidas durante todo o ensaio com um teor de água correspondente a 70% da capacidade de campo, procedendo-se ao seu ajuste por pesagem (Figura 1).



Figura 1 - Pesagem da amostra até à capacidade de campo no ensaio de incubação

#### Ensaio de Incubação

O composto ou o adubo (moído finamente) foram incorporados e misturados com a terra e colocados a 70% da capacidade de campo. As caixas de incubação foram mantidas tapadas durante todo o período do ensaio, e colocadas dentro de uma estufa com temperatura controlada a 25 °C durante cerca de 4 meses, desde 31 de Janeiro de 2011 até 09 de Junho de 2011. De forma a oferecer as mesmas condições de temperatura a todas as caixas, estas eram rodadas de uma posição a intervalos de 2 dias, quando se procedia ao ajuste da humidade.

Durante o período de incubação foram retiradas amostras de terra para análise laboratorial de acordo com o seguinte esquema representado na Tabela 6:

Tabela 6 - Data de colheita das amostras do ensaio de incubação

Número de Colheita	Data
1 <sup>a</sup> (Início do Ensaio)	31 Janeiro 2011
2 <sup>a</sup> Colheita	15 Fevereiro 2011
3 <sup>a</sup> Colheita	1 Março 2011
4 <sup>a</sup> Colheita	14 Março 2011
5 <sup>a</sup> Colheita	29 Março 2011
6 <sup>a</sup> Colheita	13 Abril 2011
7 <sup>a</sup> Colheita	28 Abril 2011
8 <sup>a</sup> Colheita	9 Junho 2011

#### Tratamento estatístico dos resultados

Na análise estatística dos resultados foi utilizado o programa STATIX 7 (Analytical Software, 2000), utilizando a análise de variância modelo fixo bifactorial completo. Utilizaram-se os seguintes níveis críticos de significância:  $p < 0,05$  (\*),  $p < 0,01$  (\*\*) e  $p < 0,001$  (\*\*\*). Efectuou-se a comparação múltipla das médias das várias modalidades através do teste de Tukey.

## 4.2 - Resultados e discussão

#### Caracterização do Solo do Ensaio

Através da análise ao solo verifica-se que é um solo com textura grosseira, ácido, com um nível de fósforo muito baixo, com um teor médio em M.O. e alto em K assimilável, como se verifica na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores obtidos através da análise ao solo no ensaio de incubação

Propriedade e unidades	Classificação	
Textura Manual <sup>5</sup>	Grosseira <sup>1</sup>	
pH (H <sub>2</sub> O)	5,2	Ácido
pH (KCl)	3,7	
Condutividade eléctrica, (1:5) dS m <sup>-1</sup>	0,027	
Matéria orgânica %	2,0	Médio
Fósforo “assimilável”, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	20	Muito Baixo
Fósforo “Biodisponível”, P-Olsen	1,9	Muito Baixo
Potássio “assimilável”, K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>	144	Alto

<sup>1</sup> Grosseira – Arenosa, Areno-Franco ou Franco-Arenosa

## Quantidade de nutrientes veiculados ao solo nas modalidades com aplicação de composto

Na tabela 8 apresenta-se a caracterização analítica do composto e a quantidade de elementos minerais que foram introduzidos no solo nos tratamentos efectuados no ensaio.

**Tabela 8** - Quantidade de elementos minerais adicionados ao solo nos tratamentos efectuados com o composto no ensaio de incubação

Parâmetros		CD1 Nut. Kg/ha	CD2 Nut. Kg/ha
Azoto total	N-Total	43 Kg	86 Kg
Azoto orgânico	N-Org		
Azoto Amoniacal	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		
Fósforo total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	60	120
Potássio total	K	27,3	54,6
Cálcio total	Ca	6,4	12,8
Magnésio total	Mg	0,85	1,7
Sódio total	Na	3,84	7,68
Ferro total	Fe	30,7	61,4
Manganês total	Mn	1,9	3,8
Zinco total	Zn	0,9	1,8
Cobre total	Cu	0,60	1,2
Chumbo total	Pb	0,1	0,2
Cádmio total	Cd	-	-
Níquel total	Ni	0,1	0,2
Crómio total	Cr	0,1	0,2

Como se pode observar a quantidade de metais pesados e micronutrientes introduzidos no solo com a aplicação do composto (4 ou 8 t de MS/ha) são inferiores aos limites estabelecidos no Decreto-Lei nº276/2009 de 2 de Outubro. O composto aplica ainda uma quantidade considerável de K e Ca. Em solos ácidos ou pouco ácidos, esta adição de Ca será vantajosa para a nutrição das plantas. A C/P é baixa indicando facilidade na mineralização do P orgânico.

## Evolução da Matéria Orgânica e das formas de P

De seguida vão ser apresentados os resultados obtidos ao longo do período de incubação, e o seu tratamento estatístico.

## Matéria Orgânica

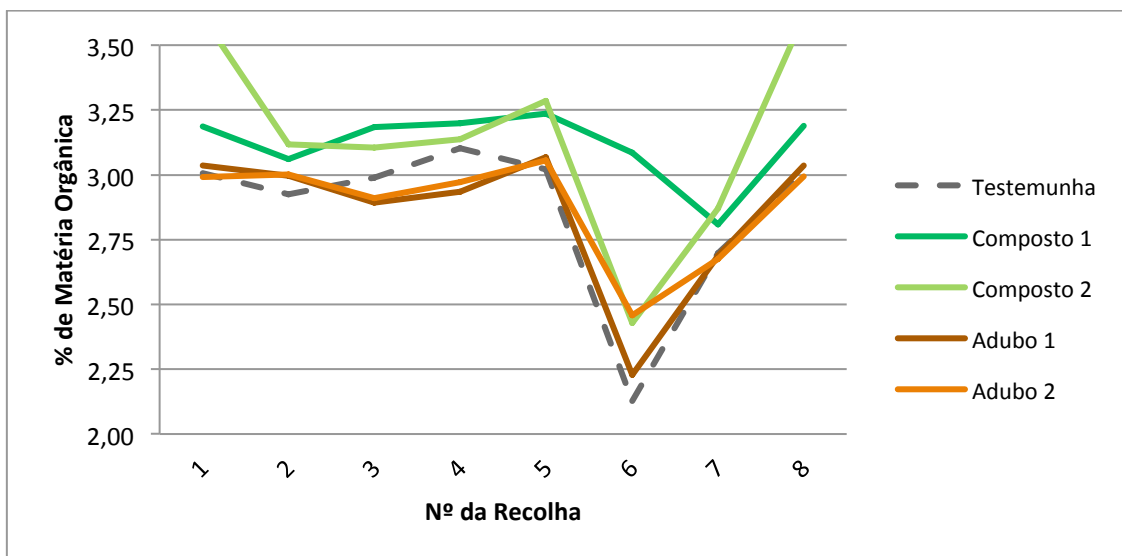


Figura 2 - Evolução da Matéria Orgânica ao longo do período de incubação

Durante o período de incubação, relativamente à matéria orgânica, verifica-se um aumento da mesma nas amostras que contêm o composto comparativamente à testemunha, como se pode verificar na Figura 2, sendo superior na amostra que levou a dose maior (Dose 2).

Na recolha 6 verifica-se um decréscimo da percentagem de matéria orgânica para a qual não encontramos justificação uma vez que a matéria orgânica é quantificada por incineração. Este resultado pode ter sido devido a uma falha na temperatura da mufla ou caso não haja erro analítico o resultado necessita confirmação.

Tabela 9 - Valores médios e nível de significância da Matéria Orgânica (%) no ensaio de incubação

Data	31/01	15/02	01/03	14/03	29/04	13/04	28/04	09/06
Tipo de Fertilizante	1 <sup>a</sup> Recolha	2 <sup>a</sup> Recolha	3 <sup>a</sup> Recolha	4 <sup>a</sup> Recolha	5 <sup>a</sup> Recolha	6 <sup>a</sup> Recolha	7 <sup>a</sup> Recolha	8 <sup>a</sup> Recolha
C (1)	3,2	3,0	3,1	3,1	3,2	2,6	2,8	3,3
A (2)	3,0	3,0	2,9	3,0	3,0	2,3	2,7	3,0
Nível significância	0,0190 (***)	ns	0,0064 (***)	0,0031 (***)	0,0433 (*)	ns	ns	ns
<b>Dose</b>								
0	3,0	2,9	3,0	3,1	3,0	2,1	2,7	3,0 b
60 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	3,1	3,0	3,0	3,1	3,2	2,7	2,8	3,1 ab
120 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	3,3	3,1	3,0	3,1	3,2	2,4	2,8	3,3 a
Nível significância	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0186 (*)
<b>Interação dose X produto</b>								
Nível significância	(*)	ns	(*)	(*)	ns	ns	ns	(*)
0	3,0 b	2,9 a	3,0 ab	3,1 ab	3,0 a	2,2 a	2,7 a	3,0 b
CD1	3,2 ab	3,1 a	3,2 a	3,2 a	3,2 a	3,1 a	2,8 a	3,2 ab
CD2	3,6 a	3,1 a	3,1 ab	3,1 ab	3,3 a	2,4 a	2,9 a	3,6 a
AD1	3,0 b	3,0 a	2,9 b	2,9 b	3,1 a	2,2 a	2,7 a	3,1 b
AD2	3,0 b	3,0 a	2,9 ab	3,0 ab	3,1 a	2,5 a	2,7 a	3,0 b

A adição do composto em especial na dose mais elevada originou um aumento significativo no valor da MO do solo, com um valor de 3,6 % no final do ensaio (Tabela 9).

### Fósforo Biodisponível, P-AI

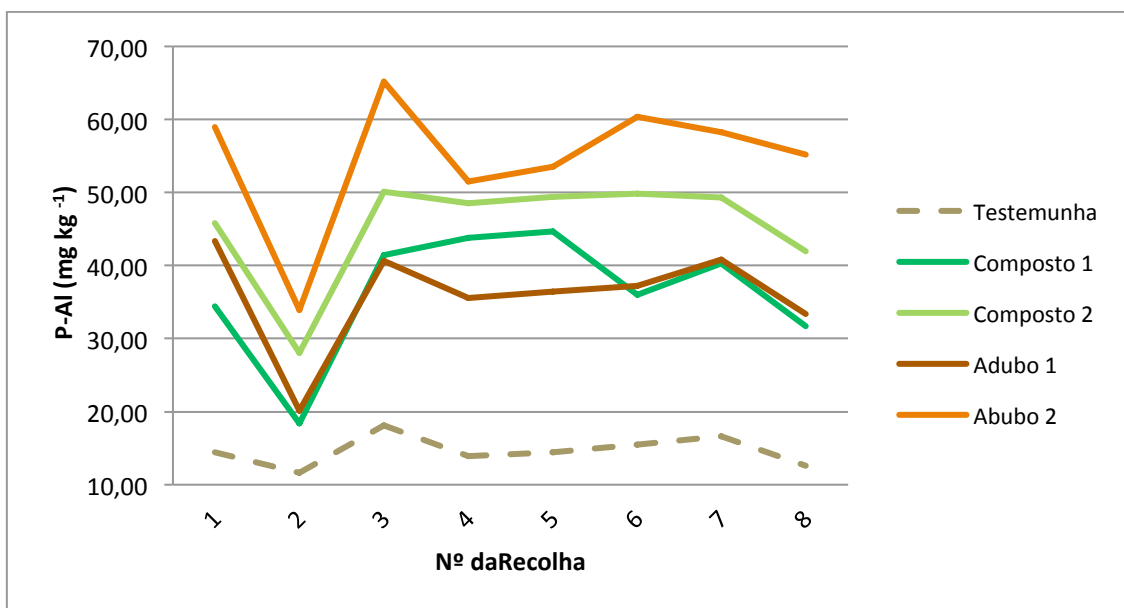


Figura 3 - Evolução do P-AI ao longo do período de incubação

No início observa-se em relação à modalidade testemunha, um aumento significativo no teor de P-Al sendo este mais acentuado na modalidade que introduziu 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. O decréscimo observado na recolha 2 poderá ser devido a alguma imobilização do P na biomassa microbiana ou em formas químicas menos biodisponíveis (Figura 3).

Ao longo do tempo e no final do ensaio observa-se que há um aumento significativo no teor em P quando se aplica a dose mais elevada e que a quantidade de P disponibilizada pelo adubo ou composto é similar em qualquer das doses utilizadas (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores médios e nível de significância P-Al (mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>) no ensaio de incubação

Data	31/01	15/02	01/03	14/03	29/04	13/04	28/04	09/06
Tipo de Fertilizante	1 <sup>a</sup> Recolha	2 <sup>a</sup> Recolha	3 <sup>a</sup> Recolha	4 <sup>a</sup> Recolha	5 <sup>a</sup> Recolha	6 <sup>a</sup> Recolha	7 <sup>a</sup> Recolha	8 <sup>a</sup> Recolha
C (1)	31,56	19,35	36,53	35,42	36,19	33,79	35,42	28,7
A (2)	38,95	21,87	41,32	33,66	34,82	37,70	38,59	33,7
Nível significância	0,000 (***)	ns	ns	ns	ns	0,0494 (*)	ns	0,0051 (**)
<b>Dose</b>								
0	14,45 c	11,59 c	18,10 c	13,95 c	14,42 c	15,50 c	16,61 c	12,59 c
60 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	38,89 b	19,24 b	41,03 b	39,66 b	40,59 b	36,64 b	40,58 b	32,53 b
120 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	52,43 a	30,99 a	57,64 a	50,00 a	51,52 a	55,10 a	53,81 a	48,59 c
Nível significância	0,0277 (*)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)
<b>Interação dose X produto</b>								
Nível significância	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(**)
0	14,45 c	11,59 d	18,10 c	13,95 b	14,42 c	15,50 d	16,61 c	12,59 d
CD1	34,39 b	18,39 cd	41,42 b	43,78 a	44,71 ab	36,05 c	40,33 b	31,68 c
CD2	45,86 ab	28,05 ab	50,08 ab	48,52 a	49,46 ab	49,83 b	49,31 ab	41,95 b
AD1	43,39 ab	20,09 bc	40,64 b	35,54 a	36,47 b	37,24 c	40,84 b	33,39 bc
AD2	59,00 a	33,93 a	65,21 a	51,48 a	53,58 a	60,36 a	58,31 a	55,22 a

## Fósforo Biodisponível - P-Olsen

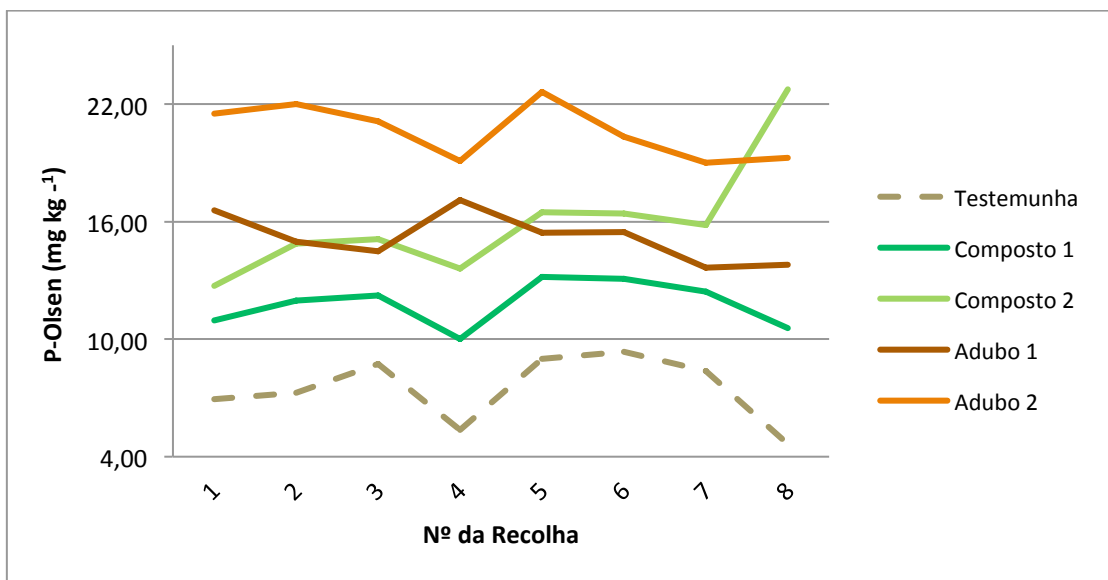


Figura 4 - Evolução do P-Olsen ao longo período de incubação

Como se pode observar pela Figura 4 e Tabela 11 a adição de P aumenta significativamente o seu teor no solo relativamente à modalidade testemunha independentemente da sua origem.

A dose mais elevada conduziu a um aumento significativo do P-Olsen do solo em qualquer um dos produtos adicionados. O facto de nas duas últimas recolhas se observarem diferenças significativas contraditórias entre CD2 e AD2 pode significar que o método de Olsen não tenha a capacidade de extrair formas químicas de P menos solúveis como por exemplo as precipitadas com o Cálcio, ao contrário do que poderá acontecer com o método de Egnér et al.. Como se observou na Tabela 10 o valor do P-Al na modalidade AD2 é similar ao da modalidade CD2, sugerindo que o extractante ácido utilizado poderá ter solubilizado alguns fosfatos de cálcio do adubo.

Tabela 11 - Valores médios e nível de significância do P-Olsen ( $\text{mg P kg}^{-1}$ ) no ensaio de incubação

Data	31/01	15/02	01/03	14/03	29/04	13/04	28/04	09/06
Tipo de Fertilizante	1 <sup>a</sup> Recolha	2 <sup>a</sup> Recolha	3 <sup>a</sup> Recolha	4 <sup>a</sup> Recolha	5 <sup>a</sup> Recolha	6 <sup>a</sup> Recolha	7 <sup>a</sup> Recolha	8 <sup>a</sup> Recolha
C (1)	8,5	11,4	12,0	9,7	12,9	13,0	12,2	12,6
A (2)	13,3	14,7	14,8	12,5	15,7	15,1	13,7	12,7
Nível significância	0,0013 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,0001 (***)	0,000 (***)	(ns)
<b>Dose</b>								
0	1,9 c	7,3 c	8,7 c	5,4 c	9,0 c	9,4 c	8,4	4,7
60 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$	13,8 b	13,5 b	13,4 b	11,5 b	14,3 b	14,3 b	13,0	12,2
120 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$	17,1 a	18,4 a	18,1 a	16,4 a	19,6 a	18,4 a	17,4	21,0
Nível significância	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,0002 (***)	0,000 (***)
<b>Interação dose X produto</b>								
Nível significância	(*)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)
0	1,9 c	7,3 c	8,7 d	5,4 d	9,0 d	9,4 d	8,4 d	4,7 e
CD1	11,0 b	12,0 b	12,2 c	10,0 c	13,2 c	13,1 c	12,4 c	10,5 d
CD2	12,7 b	14,9 b	15,1 b	13,6 b	16,5 b	16,5 b	15,8 b	22,8 a
AD1	16,6 ab	15,0 b	14,5 b	13,1 b	15,4 b	15,5 b	13,7 c	13,8 c
AD2	21,5 a	22,0 a	21,2 a	19,1 a	22,6 a	20,3 a	19,0 a	19,3 b

Fósforo Inorgânico -  $\text{P}_i$

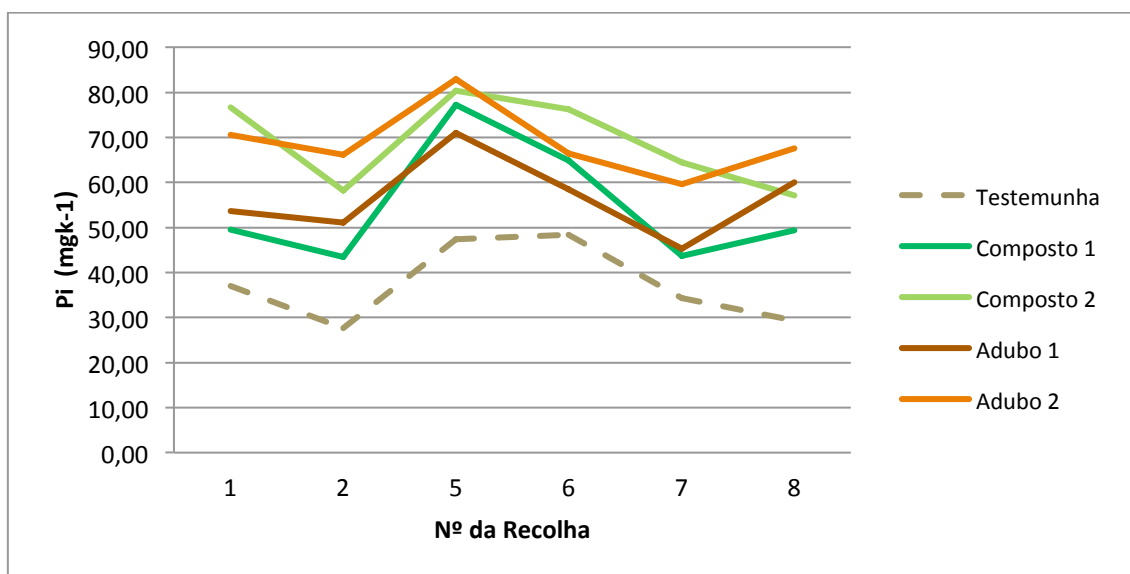


Figura 5 - Evolução do  $\text{P}_i$  ao longo período de incubação

Devido à quantidade reduzida de amostra, também não se pode quantificar o P-inorgânico da recolha 3 e 4 do ensaio de incubação.

Tabela 12 - Valores médios e nível de significância do P<sub>i</sub> (mg P kg<sup>-1</sup>) no ensaio de incubação

Data	31/01	15/02	29/04	13/04	28/04	09/06
<b>Tipo de Fertilizante</b>	1ª Recolha	2ª Recolha	5ª Recolha	6ª Recolha	7ª Recolha	8ª Recolha
C (1)	54,4	43,1	68,3	63,1	42,7	44,1
A (2)	53,7	48,3	67,1	57,8	39,9	50,0
<b>Nível significância</b>	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
<b>Dose</b>						
0	37,0 c	27,7 c	47,4 b	48,4 c	25,6 c	26,6 b
60 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	51,5 b	47,3 b	74,1 a	61,7 b	41,6 b	52,4 a
120 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	73,6 a	62,1 a	81,6 a	71,3 a	56,7 a	62,16 a
<b>Nível significância</b>	0,000 (***)	0,000 (***)	0,0006 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)
<b>Interacção dose X produto</b>						
<b>Nível significância</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
0	37,0 c	27,7 d	47,4 b	48,4 c	25,6 c	26,6 b
CD1	49,5 c	43,4 c	77,2 ab	64,8 ab	41,4 b	48,9 a
CD2	76,7 a	58,2 ab	80,4 ab	76,3 a	61,3 a	56,8 a
AD1	53,6 bc	51,1 bc	71,0 ab	58,5 bc	41,9 b	55,9 a
AD2	70,6 ab	66,1 a	83,0 a	66,4 ab	52,1 ab	67,6 a

Não se observam diferenças significativas entre as modalidades no teor em P<sub>i</sub> quer com aplicação de composto quer de adubo. A aplicação destes fertilizantes conduziu a um aumento significativo de teor em P no solo (Figura 5 e Tabela 12).

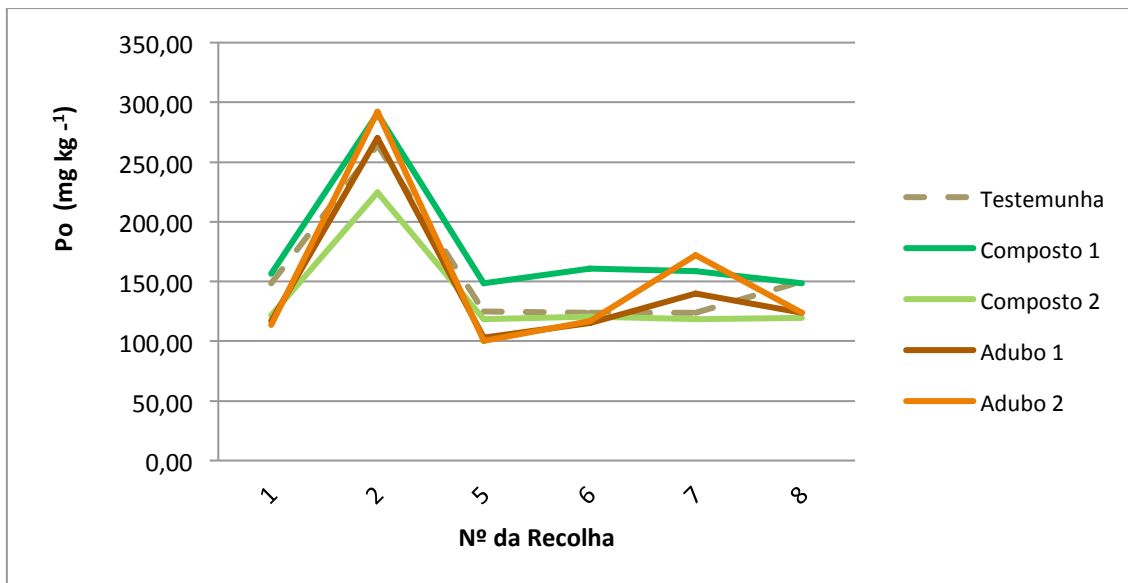
Fósforo Orgânico -  $P_o$ 

Figura 6- Evolução do  $P_o$  ao longo período de incubação

Na recolha 3 e 4 não se conseguiu quantificar a concentração de  $P$  orgânico devido à reduzida quantidade de amostra.

A observação conjunta da evolução no solo do  $P$ -Al,  $P_i$  e  $P_o$  sustenta a hipótese de na altura da 2ª recolha ter havido transferência de  $P_i$  do solo para a biomassa microbiana (Figuras 3,5 e 6). No entanto só um fraccionamento do  $P$  nos elucidaria se também houve modificação nas formas do  $P_i$ .

Não se observaram diferenças significativas no valor de  $P_o$  entre as modalidades, mas na última recolha observa-se um aumento significativo na modalidade em que se utiliza o composto em relação ao do adubo (Tabela 13). O que está de acordo com o que se observa relativamente à matéria orgânica do solo.

Tabela 13 - Valores médios e nível de significância do P<sub>o</sub> (mg P kg<sup>-1</sup>) no ensaio de incubação

Data	31/01	15/02	29/04	13/04	28/04	09/06
<b>Tipo de Fertilizante</b>	1 <sup>a</sup> Recolha	2 <sup>a</sup> Recolha	5 <sup>a</sup> Recolha	6 <sup>a</sup> Recolha	7 <sup>a</sup> Recolha	8 <sup>a</sup> Recolha
C (1)	149,8	285,9	141,3	146,5	147,8	151,3
A (2)	126,4	275,6	109,27	118,6	145,3	132,4
Nível significância	ns	ns	ns	ns	ns	0,0227 (*)
<b>Dose</b>						
0	148,7	264,2	124,7	123,7	123,7	150,0
60 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	136,8	280,4	125,7	138,2	149,5	136,2
120 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	128,9	297,7	125,5	135,9	166,6	139,4
Nível significância	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Interação dose X produto</b>						
Nível significância	ns	ns	ns	ns	ns	ns
0	148,7	264,2	124,7	123,7	123,7	150,0
CD1	156,5	290,5	148,5	160,9	158,8	148,6
CD2	144,2	303,1	150,8	155,0	160,9	155,2
AD1	117,0	270,3	102,9	115,5	140,1	123,7
AD2	113,7	292,2	100,2	116,7	172,2	123,6

### 4.3 - Conclusões

O composto apresenta na dose mais elevada ao fim de 4 meses, um teor de P biodisponível, semelhante ao obtido pela aplicação de adubo. Isto significa que a nutrição em P das culturas será assegurada de igual forma com a aplicação de adubo ou de composto nas doses referidas. Estes resultados sugerem que o uso deste composto como fonte P para as culturas é agronomicamente possível, mas que a biodisponibilidade em P ocorrerá cerca de três a quatro meses após a incorporação ao solo do composto. O teor em matéria orgânica do solo, apresentou uma tendência para aumentar, na modalidade com aplicação mais elevada de composto (correspondente à aplicação de 8 t de matéria seca de composto por hectare)



## 5 - Ensaio em vasos

O ensaio em vasos teve como principal objectivo avaliar o efeito fertilizante do composto sobre as propriedades do solo e sobre a produção e qualidade de uma cultura (azevém, *Lolium spp.*).

### 5.1 - Material e métodos

#### Solo

Na realização do ensaio, utilizou-se um solo representativo da Região Interior Centro, um Regosol (IUSS, 2006) derivado de granito. A terra foi colhida na camada arável, sensivelmente a 30cm de profundidade do horizonte superficial. No enchimento dos vasos apenas se utilizou terra fina, pelo que a terra colhida, antes da sua colocação nos vasos, foi previamente submetida a uma crivagem, utilizando-se para o efeito um crivo com malha de 2mm. O local de colheita da terra foi uma parcela da Quinta da Sr<sup>a</sup> de Mércoles - ESACB.

Na Tabela 7 (capítulo 4) constam os parâmetros de fertilidade analisados e os resultados obtidos para esse mesmo solo.

#### Composto

O composto utilizado para o ensaio em vasos foi fornecido pela TRABITE e a sua caracterização encontra-se referida no capítulo 2.

#### Cultura

Foi utilizada como cultura o azevém (*Lolium spp.* Tetila reygrass), destinada à produção de forragem. O azevém é muito utilizado neste tipo de ensaios, devido à sua capacidade de dar vários cortes, rápida produção de folhas e rápida recuperação após os cortes. Esta característica permite um acompanhamento, ao longo do tempo, da absorção de nutrientes pela planta, podendo assim obter-se dados analíticos e de rendimento intermédios.

#### Instalação e Condução do Ensaio

Para a instalação do ensaio utilizaram-se vasos de polietileno de cor tijolo, com 21 cm de altura, 14,8 cm de base, 24 cm de diâmetro no topo e 6 kg de capacidade.

Com a finalidade de evitar perdas de solo e melhorar alguma a drenagem da água, foi colocada uma camada de Leca no fundo de cada vaso.

No delineamento experimental foram consideradas cinco modalidades, com quatro repetições cada, sendo utilizado para o efeito um total de 20 vasos. As modalidades ensaiadas foram a

utilização de composto em dois níveis e a aplicação de adubo com doses de N e P em quantidades similares às veiculadas pelo composto. Deste modo, tanto nas modalidades com aplicação de composto como com aplicação de adubo em havia o doseamento das mesmas quantidades de azoto ( $80$  e  $160$  kg N ha<sup>-1</sup>) e de fósforo ( $60$  e  $120$  kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). Para além destas modalidades, foi considerada a testemunha que não teve qualquer aplicação de nutrientes ao solo.

Durante o desenvolvimento deste relatório, para o composto utilizar-se-á como simbologia a letra C, com os algarismos 5 e 10, correspondente à aplicação por repetição do equivalente a 5 ou 10 t ha<sup>-1</sup> de composto. Para as modalidades em que foi usado apenas adubo utilizar-se-á a simbologia A, com os algarismos 80 e 160, correspondentes às unidades de N aplicadas. Para a ausência de qualquer fertilização foi adoptada a designação de Testemunha (T).

As modalidades ensaiadas, relativamente ao nível do composto aplicado, foram então:

5 t ha<sup>-1</sup> de Composto: **C5**

10 t ha<sup>-1</sup> de Composto: **C10**

80 Kg N ha<sup>-1</sup> e 60 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>: **A80**

160 Kg N ha<sup>-1</sup> e 120 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>: **A160**

Sem qualquer aplicação: modalidade testemunha referida como **0**

Quer a aplicação de composto quer o doseamento de azoto e fósforo sob a forma de adubo, foi feita atendendo à quantidade de terra fina estimada existir num hectare do solo utilizado ( $1900$  t ha<sup>-1</sup>) e à quantidade de terra fina utilizada por vaso (6 kg). Todo o composto e todo o fósforo a aplicar nas com utilização apenas de adubo (Superfosfato 18%), foram incorporados ao enchimento dos vasos. Em relação ao doseamento do azoto nestas ultimas modalidades, o mesmo foi feito de forma repartida, quer na modalidade A160 quer na A80. Na primeira, houve aplicação de azoto ao enchimento dos vasos, após a emergência das plantas e, depois de realizados os 1º e 2º cortes. Na modalidade A80 só não houve a aplicação ao enchimento dos vasos.

Atendendo ao referido, as quantidades de composto e de adubos aplicados em fundo foram as seguintes:

Aplicação de 5 t ha<sup>-1</sup> de composto: **C5** ⇒ 15,7g composto vaso<sup>-1</sup>

Aplicação de 10 t ha<sup>-1</sup> de composto: **C10** ⇒ 31,3g composto vaso<sup>-1</sup>

Aplicação de 80 Kg N ha<sup>-1</sup> e 60 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>: **A80** ⇒ 1,4g Superfosfato vaso<sup>-1</sup>

Aplicação 60 e 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>: **A160** ⇒ 2,8g Superfosfato + 1,22g Sulfato de amónio vaso<sup>-1</sup>

No dia 1 de Março procedeu-se à incorporação do composto na terra nas modalidades C5 e C10, e efectuada uma adubação de fundo na modalidade A80 com Superfosfato a 18% e na modalidade A160 com Superfosfato + Sulfato de Amónio, tendo sido os mesmos regados e reservados.

No dia 7 de Março realizou-se a sementeira, com a adição de 0,23 g de semente por vaso, aproximadamente o valor de 60 sementes por vaso. Para o efeito utilizaram-se sementes certificadas, às quais foi elaborado um teste de germinação, de acordo com as regras internacionais para ensaios de sementes do Instituto Espanhol de Semilhas y Plantas de Viveiro. A taxa de germinação apurada foi de 98%.

Como referido anteriormente, após alguns dias da emergência das plantas efectuou-se uma adubação azotada, tendo sido adicionada a solução de nitrato de amónio às modalidades A80 e A160, tendo-se utilizado para o efeito, uma quantidade de 100 ml de água desionizada, por vaso. A realização desta adubação só nesta data (após emergência das plantas), teve como objectivo evitar eventuais perdas de capacidade germinativa por parte da semente, motivada pela presença de azoto na forma  $\text{NH}_4^+$  em teores elevados, na modalidade A160.

Desde a sementeira, e até final do ensaio, efectuaram-se regas, aplicando-se em cada uma delas a quantidade de água necessária para elevar o teor de humidade da terra a 70-90% da sua capacidade de campo. O controlo de humidade, após se ter dado início à rega, foi feito utilizando medidores de humidade do solo (Boyocos). No total foram colocados cinco medidores, um por vaso e por modalidade, controlando-se assim a humidade numa repetição de cada modalidade.

Ao longo do tempo que durou o ensaio, foi efectuada a rotação dos vasos, de forma a garantir condições de desenvolvimento às plantas semelhantes em todos eles.

Foram efectuados três cortes. O primeiro corte a 15 de Abril, o segundo a 12 de Maio e o terceiro a 1 de Junho de 2011.

Os cortes das plantas foram efectuados a 2 cm de altura da superfície do solo, por meio de uma tesoura. Em cada corte pesou-se a matéria verde obtida em cada vaso, operação efectuada logo após o corte das plantas (peso verde). Após cada pesagem, o material vegetal foi lavado com um detergente adequado para o efeito e passado duas vezes em água destilada. Após este procedimento secaram-se as amostras numa estufa de ventilação forçada, a uma temperatura aproximada de 65°C, até peso constante (aproximadamente 72 horas). Uma vez secas, as amostras foram pesadas de novo, obtendo-se assim o peso seco. A produção total (de matéria verde e matéria seca) foi calculada pelo somatório da produção dos três cortes.

No dia 3 de Junho fez-se a remoção da terra dos vasos para sacos individuais. Após esta operação procedeu-se à sua análise (Tabela 14).

Tabela 14 - Metodologia utilizada na análise de plantas e terras no ensaio em vasos

Amostra	Parâmetro	Método	Unidades
Planta	Produção de matéria verde	Pesagem	g
	Produção de matéria seca	Secagem 65°C seguido de pesagem	g
	Azoto (N)	Método de Kjeldahl	%
	Fósforo (P)	Determinado na solução clorídrica das cinzas e quantificado por espectrofotometria de absorção molecular	%
	Elementos minerais: K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Zn, Mn, Cd, Cr, Pb, Ni	Determinados na solução clorídrica das cinzas e doseados por absorção atômica	% ou mg kg <sup>-1</sup>
Solo	Matéria orgânica	Walkley e Black	%
	pH (H <sub>2</sub> O)	Potenciómetro	
	Fósforo assimilável (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Método Égnér et al. (extracção) doseamento espectrofotometria de absorção molecular	mg kg <sup>-1</sup>
	Potássio assimilável (K <sub>2</sub> O)	Método Égnér et al. (extracção) doseamento Fotometria de Chama	mg kg <sup>-1</sup>
	Condutividade eléctrica (1:5)	Condutivímetro	dS.m <sup>-1</sup>
	Bases de troca (Ca, Mg, Na, K)	Solução molar de acetato de amónio tamponizado a pH7,0 (extracção), doseamento em absorção atômica	Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>
	Micronutrientes e metais pesados: Zn, Cu, Mn, Cr, Cd, Ni e Pb.	Norma ISO1146:2005 (extracção por Água Régia) e doseamento por espectrofotometria de absorção atômica.	mg kg <sup>-1</sup>

## Interpretação estatística dos resultados

Na análise estatística dos resultados foi utilizado o programa STATIX 7 (Analytical Software, 2000), utilizando a análise de variância modelo fixo bifactorial completo. Utilizaram-se os seguintes níveis críticos de significância:  $p < 0,05$  (\*),  $p < 0,01$  (\*\*) e  $p < 0,001$  (\*\*\*). Efectuou-se a comparação múltipla das médias das várias modalidades através do teste de Tukey.

## 5.2 - Resultados e discussão

Os resultados das propriedades do solo avaliadas após o ensaio, indicam que o composto ocasionou um aumento significativo no valor da condutividade eléctrica do solo, no valor de pH e no teor do potássio assimilável e de troca do solo (Tabelas 15 e 16). O aumento do teor na CE indica que o composto origina uma maior quantidade de sais na solução do solo que o adubo, no entanto os valores são muito baixos (0,028 dS m<sup>-1</sup>) encontrando-se no intervalo dos solos não salinos (<0,40 dS m<sup>-1</sup>). Este aumento, também pode ser em parte devido ao aumento significativo no valor de Na de troca, apesar deste não atingir valores que indiquem

diminuição nas propriedades físicas do solo em particular na permeabilidade. O aumento significativo de pH indica que o composto é fonte de bases para o solo, e apesar do valor em Ca de troca não variar significativamente (Tabela 16) terá algum efeito alcalinizante no solo. Não se observa um aumento significativo no teor de MO do solo, este facto pode ficar a dever-se à baixa razão C/N que terá ocasionado alguma mineralização durante este período de tempo e também pelo facto de acréscimos significativos no teor de MO do solo, só são possíveis de obter após vários anos de incorporação de produtos orgânicos e com valores da razão C/N mais elevados. No caso deste ensaio a matéria orgânica funcionará mais no sentido de fornecer de uma forma gradual de elementos minerais às plantas. Observa-se que o composto tem um efeito positivo no caso do potássio relativamente às modalidades com aplicação de adubo. Nestas modalidades o valor do potássio baixa significativamente devido, em princípio, à maior absorção de K por parte das plantas, dado que é nestas modalidades que a produção é maior (Tabela 18), e pelo facto de não se ter aplicado adubo potássico em nenhuma modalidade.

**Tabela 15-** Análise estatística de algumas propriedades do solo após o ensaio em vasos (CE-dS m<sup>-1</sup>, pH, MO-%, Nk-%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O- mg kg<sup>-1</sup>)

	CE	pH	MO	Nk	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Produto</b>						
<b>Composto</b>	15.22	5.4	2.0	0.90	36	70
<b>Adubo</b>	28.86	5.0	2.0	0.83	48	56
<b>Nível sig.</b>	0,043 (*)	0,03 (*)	ns	Ns	ns	0,000 (***)
<b>Dose</b>						
<b>0</b>	15.35 b	5.5 a	2.2	0.90	33 b	74 a
<b>80</b>	16.49 b	5.2 b	1.8	0.79	37 ab	60 b
<b>160</b>	34.28 a	4.9 c	2.1	0.91	57 a	56 b
<b>Nível sig.</b>	0,041 (*)	0,03 (*)	ns	Ns	0,012 (*)	0,000 (***)
<b>Interacção</b>						
<b>0</b>	15,4 b	5.5 a	2.2	0.91	33 b	74 a
<b>C1</b>	17,5 b	5.4 a	2.1	0.93	39 b	71 a
<b>C2</b>	12,8 b	5.4 a	1.8	0.87	38 b	67 a
<b>A1</b>	15,5 b	5.0 b	1.5	0.65	34 b	49 b
<b>A2</b>	55,7 a	4.6 c	2.4	0.95	76 a	45 b
<b>Nível sig.</b>	0.014 (*)	0,049 (*)	ns	ns	0,03 (*)	0,000 (***)

O facto de o valor em N do solo não variar significativamente entre as modalidades pode significar, que do azoto disponibilizado pelo solo, devido a alguma mineralização do composto e ao N do adubo ele foi igualmente utilizado, conduzindo a que no final do ensaio não se observassem no solo diferenças significativas entre as modalidades, mas observando-se no

entanto diferenças significativas relativamente à produção (Tabelas 15 e 18). Relativamente ao teor em fósforo biodisponível do solo observa-se que não existem diferenças significativas entre as modalidades com aplicação de composto ou de adubo, verificando-se no entanto que a aplicação de adubo na dose mais elevada ocasiona um aumento significativo deste nutriente no solo (Tabela 15).

**Tabela 16-** Análise estatística das bases de troca ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e Ca/Mg do solo após o ensaio em vasos (Ca, Mg, Na, K e Ca/Mg)

	Ca	Mg	Na	K	Ca/Mg
<b>Produto</b>					
<b>Composto</b>	51,93	33,47	3,32	25,17	1,6
<b>Adubo</b>	51,73	28,17	2,31	18,26	1,9
<b>Nível sig.</b>	ns	ns	0,003 (**)	0,000 (***)	0,013 (*)
<b>Dose</b>					
<b>0</b>	51,08	32,16	3,27	26,31 a	1,6
<b>80</b>	51,33	28,65	2,57	19,42 b	1,9
<b>160</b>	53,07	31,66	2,60	19,41 b	1,8
<b>Nível sig.</b>	ns	ns	ns	0,000 (***)	ns
<b>Interacção</b>					
<b>0</b>	51,08	32,16	3,27 a	26,31 a	1,6
<b>C1</b>	56,45	36,79	3,62 a	24,77 a	1,6
<b>C2</b>	48,26	31,47	3,06 ab	24,42 a	1,6
<b>A1</b>	46,22	20,50	1,53 b	14,08 b	2,3
<b>A2</b>	57,89	31,85	2,15 ab	14,39 b	1,9
<b>Nível sig.</b>	ns	ns	0,03 (*)	0,000 (***)	ns

A aplicação de composto não teve um efeito significativo no teor em Ca e Mg do solo durante o período em que decorreu o ensaio (Tabela 16), observando-se que a relação Ca/Mg poderá ser desfavorável para as propriedades físicas do solo (situa-se no intervalo 1,6-2,5) aconselhando-se uma aplicação de Ca ao solo. O teor em sódio aumenta com a aplicação de composto, no entanto o seu teor no solo não é significativamente diferente do teor do solo usado como testemunha. Esta diferença poderá atribui-se a alguma maior extracção de Na pelas plantas na modalidade A1.

Tabela 17- Análise estatística do Cu, Zn, Mn, Pb (mg kg<sup>-1</sup>) do solo após o ensaio em vasos

	Cu	Zn	Mn	Pb
<b>Produto</b>				
Composto	4,5	146,0	51,1	17,8
Adubo	7,9	153,6	54,2	17,5
Nível sig.	ns	ns	ns	ns
<b>Dose</b>				
0	5,4	149,1	68,5	15,9
80	5,1	158,8	49,6	19,9
160	8,1	141,5	39,9	17,3
Nível sig.	ns	ns	ns	ns
<b>Interação</b>				
0	5,4	149,1	68,5	15,9
C1	2,9	157,3	47,4	16,9
C2	5,1	131,6	37,5	20,6
A1	7,4	160,3	51,8	22,8
A2	11,0	151,5	42,3	13,9
Nível sig.	ns	ns	ns	ns

A aplicação de composto não teve efeito significativo no teor em Cu, Zn, Mn e Pb do solo (Tabela 17). Relativamente ao teor em Cd, Cr e Ni ele situa-se abaixo do limite de detecção em todas as modalidades. Desta forma, e como já referido na caracterização do composto (capítulo 2), não são de esperar impactos negativos na fertilidade do solo ou na qualidade das culturas em relação aos micronutrientes e metais pesados estudados.

Tabela 18 - Análise estatística da produção (MV, MS, em g) e teores em N e P (%) nas plantas nos três cortes no ensaio em vasos

	MV	MS	N1	N2	N3	P1	P2	P3
<b>Produto</b>								
Composto	41,03	13,84	1,66	1,14	1,50	0,64	0,58	0,44
Adubo	73,73	7,29	5,42	1,30	1,39	0,61	0,46	0,34
Nível sig.	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,0002 (***)	0,012 (*)	ns	ns	0,0002 (***)
<b>Dose</b>								
0	39,40 b	7,08 b	2,28	1,10 b	1,45	0,50	0,70	0,39
80	62,41 a	11,56 a	3,44	1,32 a	1,44	0,72	0,42	0,36
160	70,31 a	13,06 a	4,90	1,23 a	1,46	0,65	0,43	0,42
Nível sig.	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,0003 (***)	ns	ns	0,014 (*)	ns
<b>Interação</b>								
0	30,40 b	7,08 b	2,28 c	1,10 c	1,45	0,50	0,70	0,39
C1	42,70 b	7,80 b	1,19 d	1,16 bc	1,54	0,72	0,52	0,46
C2	40,98 b	7,00 b	1,51 cd	1,14 bc	1,52	0,70	0,52	0,48
A1	82,13 a	15,33 a	5,68 b	1,48 a	1,34	0,72	0,33	0,25
A2	99,65 a	19,13 a	8,30 a	1,33 ab	1,39	0,60	0,34	0,37
Nível sig.	0,000 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,0064 (**)	ns	ns	ns	ns

Como se pode observar pela Tabela 18 a produção total das plantas, quer avaliada pela matéria verde (MV) quer pela matéria seca (MS), não varia significativamente nas modalidades em que se aplicou composto relativamente à modalidade testemunha, mas quando se aplicou adubo com N e P as plantas aumentaram significativamente a produção. O teor em N das diversas modalidades nos três cortes indica que inicialmente se observa um decréscimo significativo quando se aplica o composto, não só relativamente à aplicação de adubo azotado como também em relação à testemunha. No entanto ao longo do tempo observa-se que o teor em N da planta não varia significativamente entre modalidades. Relativamente ao P observa-se que inicialmente não existem diferenças significativas entre as modalidades mas que no final do ensaio as modalidades com aplicação de composto apresentam um teor significativamente superior. A análise conjunta da Tabela 18 permite concluir que as plantas da modalidade com aplicação de composto terão produzido significativamente menos devido fundamentalmente à limitação na disponibilização do azoto por parte do composto. O facto de o azoto actuar como elemento limitante reflectiu-se na produção e na absorção de outros elementos minerais, como o fósforo, que foi absorvido provavelmente em quantidade superior às necessidades da planta. De facto observa-se que nas modalidades com aplicação de composto com uma produção significativamente menor é elevada a concentração em P da cultura, superior a 0,2-0,3 % valores considerados adequados para a maioria das plantas (Marschner H., 2008). O decréscimo de azoto disponível no solo, como resultado da incorporação do composto, foi também observado em trabalhos de outros investigadores e resulta principalmente da mineralização da matéria orgânica do composto com a incorporação desse azoto em biomassa microbiana com um tempo de “turnover”, ou seja de restituição ao solo como azoto mineral variável (Carneiro et al, 2007; Gabrielle et al., 2004; Wolkowski R, 2003). No caso deste composto pode apreciar-se que ao fim de três meses começará a haver libertação de azoto mineral como sugerem os resultados do terceiro corte relativamente ao teor em N das plantas.

Tabela 19 - Teor em Ca, Mg e K (%) no azevém no 1º e 3º cortes do ensaio em vasos

	Ca1	Ca3	Mg1	Mg3	K1
<b>Produto</b>					
Composto	0,75	0,90	0,38	0,43	6,3
Adubo	0,90	1,83	0,38	0,70	6,9
Nível sig.	ns	0,000 (***)	ns	0,0001 (***)	ns
<b>Dose</b>					
0	0,42 b	0,74 b	0,10 c	0,42 b	4,5 b
80	0,94 a	1,64 a	0,39 b	0,69 a	7,4 a
160	1,11 a	1,72 a	0,65 a	0,58 ab	7,9 a
Nível sig.	0,0005 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,0018 (**)	0,004 (**)
<b>Interação</b>					
0	0,42 b	0,74 c	0,10 c	0,42 cd	4,5 b
C1	0,96 ab	1,29 bc	0,49 ab	0,66 bc	7,4 ab
C2	0,87 ab	0,68 c	0,54 ab	0,20 d	7,1 ab
A1	0,91 ab	1,99 b	0,28 bc	0,73 ab	7,4 ab
A2	1,36 a	2,76 a	0,75 a	0,96 a	8,9 a
Nível sig.	0,05 (*)	0,000 (***)	0,05 (*)	0,000 (***)	0,05 (*)

A concentração em Ca, Mg e K do azevém não varia significativamente entre as modalidades com aplicação de composto e a modalidade testemunha, nem no 1º nem no 3º cortes (Tabela 19). O facto de nas modalidades em que foi aplicado adubo fosfatado o teor em Ca aumentar resultará do facto do superfosfato além do P também libertar Ca para o solo.

Tabela 20- Teor em K no 3º corte (%) e em Na e Cu (mg kg<sup>-1</sup>) no azevém no 1º e 3º cortes no ensaio em vasos

	K3	Na1	Na3	Cu1	Cu3
<b>Produto</b>					
Composto	3,6	1658	1826	19,3	22,7
Adubo	4,4	3913	3621	22,5	22,6
Nível sig.	ns	0,000 (***)	0,0004 (***)	ns	ns
<b>Dose</b>					
0	3,6	877 c	1160 b	0,0 b	0,0 b
80	4,5	2411 b	3822 a	24,2	38,7 a
160	3,8	5069 a	3189 a	38,7	29,2 a
Nível sig.	ns	0,000 (***)	0,0001 (***)	0,000 (***)	0,000 (***)
<b>Interação</b>					
0	3,6 ab	877 b	1160 c	0,0 b	0,0 b
C1	4,7 ab	2126 b	2155 bc	19,3 ab	38,7 a
C2	2,4 b	1971 b	2164 bc	38,7 a	29,5 a
A1	4,2 ab	2696 b	5489 a	29,0 a	38,7 a
A2	5,3 a	8166 a	4213 ab	38,7 a	28,9 a
Nível sig.	0,01 (**)	0,000 (***)	0,013 (**)	0,05 (*)	0,05 (*)

Observa-se que o teor em Na no azevém, nas modalidades em que se aplicou o composto, é significativamente menor do que nas modalidades com aplicação de adubo (Tabela 20). Esta diferença poderá resultar de uma maior produção nas modalidades com adubo com maior absorção de elementos minerais, salienta-se no entanto que o Na não é um nutriente vegetal pelo que este facto não terá efeito sobre o desenvolvimento das plantas. Relativamente ao teor em Cu das plantas a aplicação de composto não teve efeito significativo relativamente à aplicação de adubo, mas ambas as modalidades apresentam um teor superior ao da testemunha. Relativamente ao Zn e Mn a aplicação do composto não tem efeito significativo em relação à testemunha (Tabela 21). O teor em Cd, Cr, Ni e Pb do azevém foi em todas as modalidades e repetições inferior ao limite de detecção.

Tabela 21 - Teor em Zn e Mn ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no azevém no 1º e 3º cortes no ensaio em vasos

	Zn1	Zn3	Mn1	Mn3
<b>Produto</b>				
Composto	147,5	251,3	93,8	351,1
Adubo	254,9	389,8	122,8	823,0
Nível sig.	0,04 (*)	0,000 (***)	ns	0,000 (***)
<b>Dose</b>				
0	136,7 b	270,6 b	68,7 b	357,6 c
80	203,1 ab	362,4 a	103,9 ab	601,6 b
160	304,4 a	328,6 ab	152,2 a	802,1 a
Nível sig.	0,005 (**)	0,009 (**)	0,01 (**)	0,000 (***)
<b>Interacção</b>				
0	136,7 b	270,6 b	68,7 b	357,6 c
C1	154,9 b	289,9 b	96,6 ab	425,2 c
C2	231,9 ab	193,3 b	115,9 ab	270,6 c
A1	251,3 ab	437,9 a	111,1 ab	777,9 b
A2	376,9 a	463,9 a	188,4 a	1333,6 a
Nível sig.	0,05 (*)	0,0003 (***)	0,05 (*)	0,000 (***)

### 5.3 - Conclusões

Deste ensaio pode concluir-se que a aplicação do composto não conduziu a perda de produção relativamente à modalidade testemunha, pelo que não induzirá fitotoxicidade às culturas, mas não substitui a adubação azotada. Relativamente à disponibilização de P, e considerando também os resultados do ensaio de incubação, o composto fornecerá este nutriente mas apenas no final de três a quatro meses após a incorporação ao solo. A aplicação de composto não teve efeito no teor em Ca e Mg do solo apesar de apresentar algum efeito alcalinizante. Também não teve efeito no teor em micronutrientes e metais pesados (Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Cr e Ni), no solo e no azevém.

## 6 - Ensaio em *greens* de campo de golfe

Este ensaio teve como principal objectivo avaliar a utilização do composto na fertilização de *greens* de campos de golfe em alternativa à fertilização tradicional.

### 6.1 Material e métodos

#### Instalação e manutenção do ensaio

O ensaio foi realizado no Campo de Golfe do Bom Sucesso - Óbidos, de Fevereiro a Julho de 20011. Este campo iniciou a sua construção em 2006, com *greens* construídos pelas especificações *USDA* e semeados com *Agrostis stolonifera Penn A-4*.

Os *greens* foram cortados diariamente a 4mm de altura, excepto quando se realizou os *topdressing*, em que se esperou dois dias após esta operação, para voltar a cortar.

Foi realizado um *topdressing* mensal em 3 *greens* à dose de 0,09m<sup>3</sup>/100m<sup>2</sup> com uma mistura de areia: composto orgânico, à proporção de 2:1, e como testemunha 3 *greens* onde o *topdressing* foi realizado à mesma dose mas só com areia.

O composto utilizado foi disponibilizado pela empresa Trabite - Tratamento Ambiental, Lda. Os *greens* onde foi aplicado apenas areia foram adubados, cada seis semanas com um fertilizante microgranulado (13:0:46) à dose de 22 g/m<sup>2</sup>, enquanto os *greens* onde foi aplicada a mistura areia:composto não levaram qualquer tipo de adubação.

Os *greens* testemunha foram pulverizados em Março e Abril com uma mistura de um fungicida com 40% de clortalonil (4L ha<sup>-1</sup>) e um fertilizante foliar com 7,5% de Manganês (2 L ha<sup>-1</sup>), como forma de prevenção contra o *Dollar spot*. Nos *greens* onde foi aplicado o resíduo orgânico não foi feita nenhuma pulverização.

#### No ensaio foram avaliados os seguintes aspectos:

**A Influência do composto nalgumas propriedades do solo** foi avaliada através de análises de solo aos *greens* antes do início do ensaio e 2 semanas após cada *topdress*, onde foram determinados parâmetros como pH, matéria orgânica, condutividade eléctrica, P e K assimiláveis (Tabela 14, capítulo 5). Após o primeiro e o último *topdress* analisou-se também as bases de troca.

**A Influência do composto na presença/severidade de ataques de *Dollar spot***, foi avaliada pela observação visual em busca de sintomas visíveis de *Dollar spot* (pequenas manchas cloróticas redondas) nos *greens*, dando-se a seguinte classificação, até 5 manchas cloróticas por m<sup>2</sup>- infecção média; de 5 a 10 manchas/m<sup>2</sup> - infecção grave; mais de 15 manchas/m<sup>2</sup>- infecção muito grave.

A Velocidade dos *greens* foi efectuada nas mesmas datas em que se recolheram as amostras de solo para análise, foram também medidas as velocidades dos *greens*, utilizando o *Stimpmeter*, como recomendado por Beard (2002).

#### Delineamento estatístico do ensaio

Este ensaio consiste no estudo comparativo de duas modalidades, a aplicação de um composto orgânico como alternativa à fertilização convencional em *greens* e outra de fertilização convencional que servirá de controlo. Foram constituídos dois grupos de três repetições cada.

Depois da recolha dos dados analíticos procedeu-se à análise estatística pretendendo inferir acerca da existência de diferenças significativas entre o grupo de *greens* de controlo e o grupo dos *greens* onde foi aplicado o composto. Neste trabalho foi adoptado um nível de confiança de 95%. Primeiramente procedeu-se ao estudo da normalidade das variáveis, utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Nos casos em que a normalidade não esteve presente, utilizou-se o teste não paramétrico Mann-Whitney. Quando as variáveis seguiram uma distribuição normal foi também testado a homocedasticidade das variáveis através do teste de Levene verificando assim os pressupostos do teste ANOVA.

## 6.2 - Resultados e Discussão

### Caracterização da *rootzone* dos *greens*

Como seria de esperar a *rootzone* apresenta uma textura grosseira típica de um terreno arenoso, com um pH ligeiramente alcalino (Tabela 22). Os teores em M.O., P e K “assimiláveis” são muito baixos. Apesar da Capacidade de Troca Catiónica (CTC) ser baixa, as bases de troca apresentam-se dentro dos parâmetros ideais, com o  $\text{Ca}^{+2}$  a corresponder a 72% da soma das bases de troca, o  $\text{Mg}^{+2}$ , o  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$  a corresponderem a 20%, 6% e 1,5% respectivamente. As relações  $\text{Ca}^{+2} / \text{Mg}^{+2}$  é de 3,7 e a de  $\text{Ca}^{+2} / \text{K}^{+}$  é de 10 o que se considera dentro do desejável.

Tabela 22 - Resultados da análise da *rootzone* no ensaio em *greens* de campo de golfe

Parâmetros	Unidades		Rootzone
Textura			Grosseira
pH (H <sub>2</sub> O)			7,2
Matéria Orgânica	MO	%	0,6
Fósforo “assimilável”	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg kg <sup>-1</sup>	21
Potássio “assimilável”	K <sub>2</sub> O	mg kg <sup>-1</sup>	14
Ferro	Fe	%	0,01
Manganês	Mn	mg.kg <sup>-1</sup>	5,57
Zinco	Zn	mg.kg <sup>-1</sup>	0,58
Cobre	Cu	mg.kg <sup>-1</sup>	n.q.
Chumbo	Pb	mg.kg <sup>-1</sup>	3,05
Cádmio	Cd	mg.kg <sup>-1</sup>	0,34
Níquel	Ni	mg.kg <sup>-1</sup>	0,37
Crômio	Cr	mg.kg <sup>-1</sup>	0,38
Bases de Troca			
Cálcio	Ca <sup>+2</sup>	cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,47
Magnésio	Mg <sup>+2</sup>	cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,13
Potássio	K <sup>+</sup>	cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,04
Sódio	Na <sup>+</sup>	cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,01

Tabela 23 - Quantidade de nutrientes por *topdress* (kg/ha) no ensaio em *greens* de campo de golfe

Parâmetros	Unidades		Quantidade de nutrientes por <i>topdress</i> *(kg/ha)
Azoto total	N-	%	22,03
Azoto orgânico	N-Org	%	20,16
Azoto Amoniacal	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	%	
Fósforo total	P	%	8,20
Potássio total	K	%	9,22
Cálcio total	Ca	%	2,16
Magnésio total	Mg	%	0,29
Sódio total	Na	%	1,30
Cloretos	Cl	mg.100g <sup>-1</sup>	
Ferro total	Fe	%	10,37
Manganês total	Mn	mg.kg <sup>-1</sup>	0,66
Zinco total	Zn	mg.kg <sup>-1</sup>	0,29
Cobre total	Cu	mg.kg <sup>-1</sup>	1,38
Chumbo total	Pb	mg.kg <sup>-1</sup>	0,035
Cádmio total	Cd	mg.kg <sup>-1</sup>	
Níquel total	Ni	mg.kg <sup>-1</sup>	0,038
Crômio total	Cr	mg.kg <sup>-1</sup>	0,050

**Influência do composto nalgumas propriedades do solo: valor de pH, teor de matéria orgânica, condutividade eléctrica, Fósforo e Potássio assimiláveis e bases de troca**

Em relação ao pH, existiram diferenças significativas entre os *greens* onde foi aplicado o composto e os de controlo (Figura 7). Os *greens* onde foi aplicado o composto apresentaram um pH mais baixo, uma vez que a oxidação do N e S orgânicos para nitratos e sulfatos produz acidez no solo (Sullivan *et al.*, 2007), a maior diferença logo na primeira aplicação deverá ter a ver com as temperaturas mais baixas e com menores dotações de rega (a água de rega tem um pH alcalino, influenciando também o pH da *rootzone*).

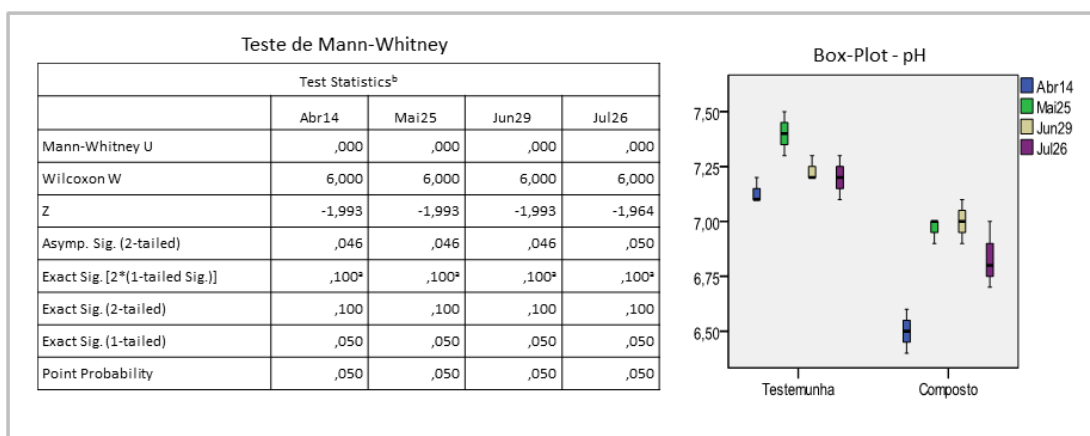


Figura 7 - Dados estatísticos relativos ao pH no ensaio em *greens* de campo de golfe

Em relação à matéria orgânica, apesar de não haver diferenças significativas entre as duas modalidades excepto nas amostras colhidas a 26 de Julho (Figura 8), onde este parâmetro é superior nos *greens* onde foi aplicado o composto. Regista-se o facto de que no final do ensaio, os *greens* onde foi aplicado o composto apresentam quase o dobro da média da matéria orgânica em relação ao início, enquanto os *greens* de controlo registam um valor próximo do inicial (Figura 13). Como durante o período em que decorreu o ensaio foram feitos cinco *verticuts* e o *thatch* não aumentou, podemos concluir que o aumento da matéria orgânica na *rootzone* foi originado pela incorporação do composto.

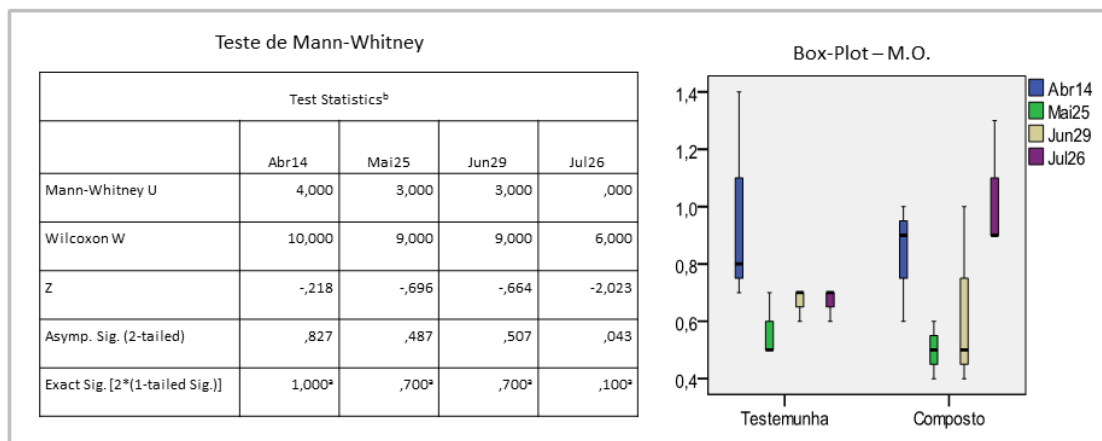


Figura 8 - Dados estatísticos relativos à M.O. no ensaio em *greens* de campo de golfe

Em relação à condutividade eléctrica só existiram diferenças significativas (figura 9) após o primeiro *topdress* (média de 24,8 dS.m<sup>-1</sup> para os *greens* onde foi aplicado o composto e média de 37,1 dS.m<sup>-1</sup> para os *greens* de controlo). No final do ensaio os valores continuaram relativamente baixos (38,9 dS.m<sup>-1</sup> de média para os *greens* tratados com o composto, 67,9 dS.m<sup>-1</sup> para os fertilizados convencionalmente) não apresentando diferenças significativas. Este facto sugere que não haverá problemas quanto à utilização do composto no que respeita à condutividade eléctrica.

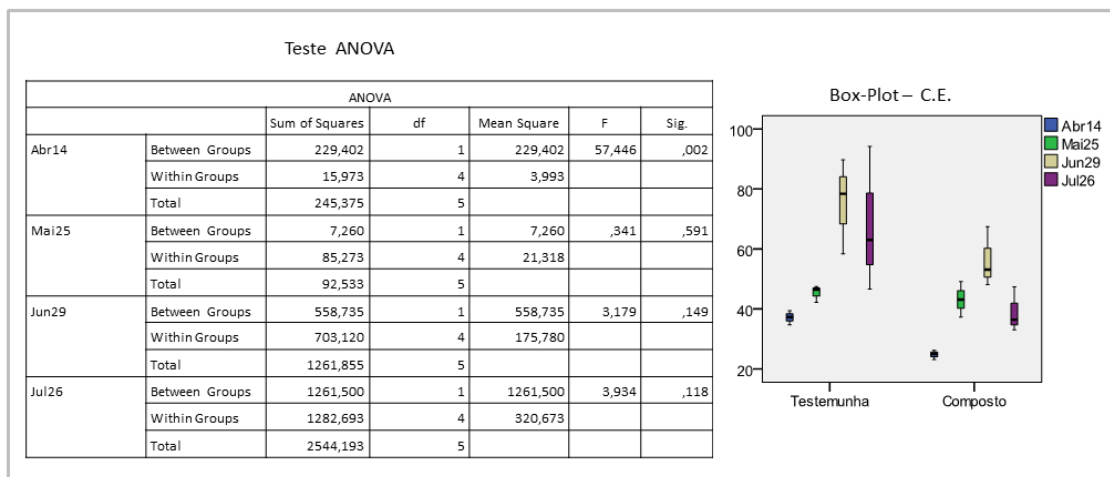


Figura 9 - Dados estatísticos relativos à C.E. no ensaio em *greens* de campo de golfe

Em relação ao Fósforo, apenas existiram diferenças significativas após o terceiro *topdress* (Figura 10, Tabela 23). Foram aplicados durante o ensaio 32,8 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com o composto, enquanto na fertilização mineral não houve aplicação de P. No final do ensaio o P assimilável nos *greens* tratados com o composto apresentou um nível semelhante ao dos *greens* onde foi aplicado o fertilizante (Figura 13). A explicação para este facto pode estar no

elevado teor em Fe do substrato (0,72%), donde a presença de complexos organo- metálicos de Fe pode provocar a precipitação do P (Horta e Torrent, 2010), também a matéria orgânica presente no composto poderá ter complexado os íões que captam o P (Ca, Fe, Al) bloqueando algum do P disponível no solo (Anne *et al.*, 2000). Outros autores, utilizando resíduos orgânicos com diferentes origens e composição química verificaram que os que apresentavam maior teor em Fe e Al foram também os que apresentaram menores quantidades de P disponibilizadas, levando-os a concluir que apesar de um resíduo poder conter P suficiente para as necessidades de uma determinada cultura, paralelamente pode ocorrer uma imobilização de P devido às ligações do P com o Fe e o Al (O'Connor *et al.*, 2004, Maguire *et al.*, 2000). No entanto este facto indica que o composto na dose aplicada, não irá influenciar desfavoravelmente a qualidade dos *greens* pelo menos no curto prazo, uma vez que não se observou um aumento da presença de *Poa annua*.

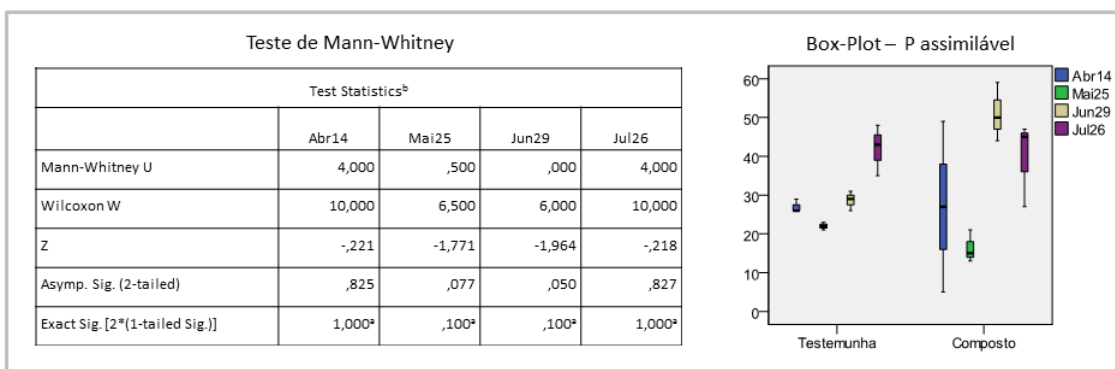


Figura 10 - Dados estatísticos relativos ao P assimilável no ensaio em *greens* de campo de golfe

Em relação ao K existiram diferenças significativas ao longo do ensaio (Figura 11), sendo que nos *greens* tratados com o composto o valor do K assimilável esteve sempre abaixo do dos *greens* de controlo (Figura 13). Durante o período em que decorreu o ensaio foram aplicados nos *greens* tratados com o composto 36,9 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O enquanto nos *greens* de controlo foram aplicados 303,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Nos *greens* onde foi aplicado o composto o nível do K manteve-se sempre próximo das 30 mg kg<sup>-1</sup>, apesar de este valor ser considerado muito baixo, nunca foram observadas visualmente diferenças entre os *greens* em estudo, no que respeita à resistência ao calor e ao pisoteio, factores bastante influenciados pela absorção de K. Este facto indica que em relação ao K, o composto na dose aplicada não irá influenciar desfavoravelmente a qualidade dos *greens* pelo menos no curto prazo.

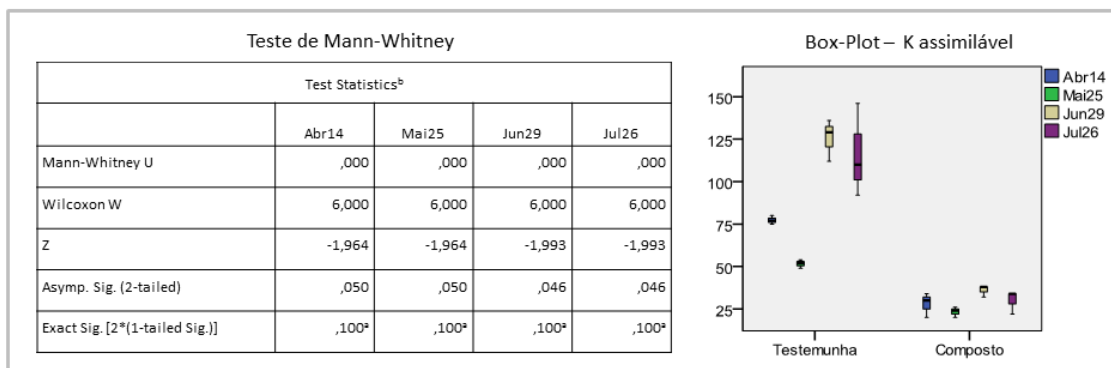


Figura 11 - Dados estatísticos relativos ao K assimilável no ensaio em *greens* de campo de golfe

Quanto às bases de troca, só o  $K^+$  apresentou diferenças significativas apresentando valores superiores nos *greens* de controlo em relação aos aplicados com composto (figura 12). Nestes o  $K^+$  apresentou um valor médio idêntico -  $0,6 \text{ cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$  - quer após o primeiro *topdress*, quer após o quarto *topdress* enquanto que nos *greens* de controlo houve uma subida nos valores médios de  $0,17 \text{ cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$  para  $0,24 \text{ cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Quanto ao  $\text{Ca}^{++}$  e ao  $\text{Mg}^{++}$  os valores médios mantiveram-se ao longo do ensaio para ambos os grupos em estudo próximo de  $0,30 \text{ cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$  para o  $\text{Ca}^{++}$  e próximo de  $0,20 \text{ cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$  para o  $\text{Mg}^{++}$ .

Estes resultados sugerem que o composto na dose aplicada não aumenta a capacidade de troca catiónica do solo, pelo menos no curto prazo.

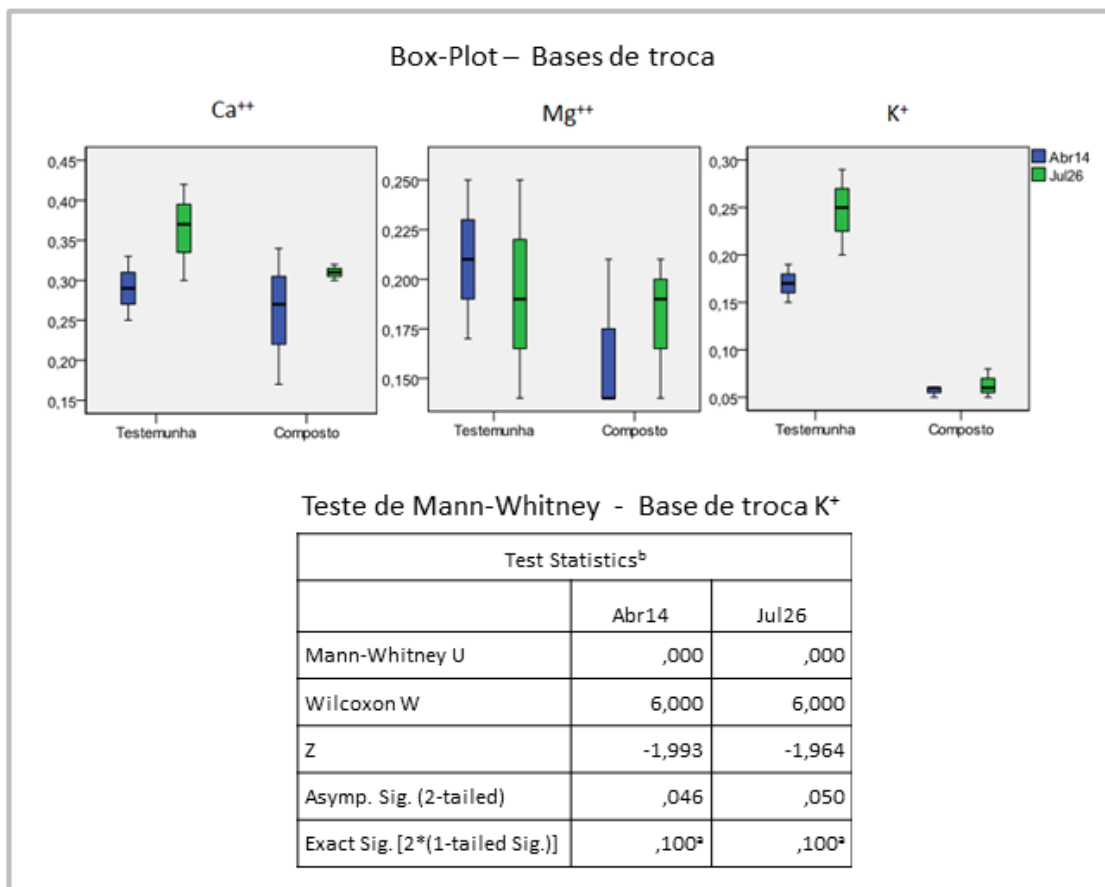


Figura 12 - Dados estatísticos relativos às bases de troca no ensaio em *greens* de campo de golfe

### Influência do composto na presença/severidade de ataques de *Dollar spot*

O *Dollar spot* (*Sclerotinia homoeocarpa*) é um problema crónico neste campo, sendo frequentes os ataques principalmente na Primavera e Outono, desta forma é feita no campo uma luta química preventiva, sendo que durante o período de ensaio os *greens* de controlo foram tratados preventivamente com um fungicida.

Vários autores concluíram que os materiais compostados apresentam uma acção de controlo nos ataques de *Dollar spot*, não coincidindo nas causas desta acção. Liu *et al.* (1995), registaram um aumento significativo das populações microbianas ao nível das folhas, *thatch* e solo, sugerindo que este aumento da actividade microbiana seria responsável pelo efeito depressivo no *Dollar spot*.

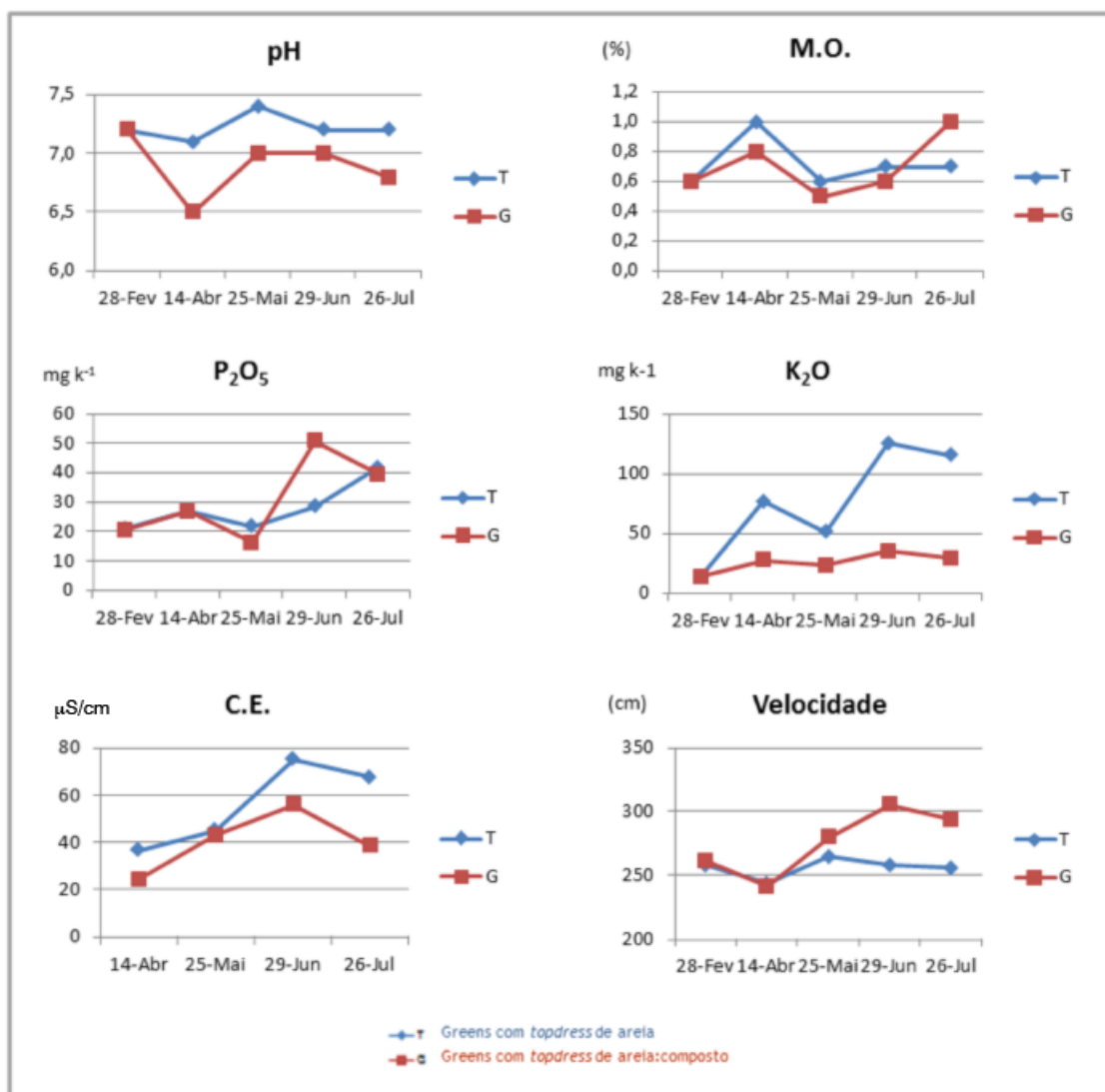


Figura 13 - Variação das médias de alguns parâmetros analisados ao longo do ensaio em greens de campo de golfe

Davis e Dernoeden (2002), depois de compararem estrume compostado com fertilizantes à base de ureia e ureia encapsulada, concluíram que para a supressão do *Dollar spot* era mais importante a disponibilidade do Azoto do que o aumento da actividade microbiana. Landschoot e McNitt (1997), concluíram que o controlo do *Dollar spot* estava directamente relacionado com a cor verde escura da relva que indica resposta ao N sugerindo que pelo menos em parte a acção depressiva dos fertilizantes orgânicos naturais estará ligada à disponibilidade do N presente nestes fertilizantes.

Quer nos greens tratados com o composto, quer nos greens de controlo não se visualizaram sintomas de ataques de *Dollar spot* durante o período em que decorreu o ensaio, isto apesar de ter havido uma Primavera e um Verão atípicos com maior pluviosidade do que o normal nos últimos anos, algo que em princípio favorece o aparecimento da doença. Curiosamente em Setembro e Outubro de 2011, foram identificados vários focos de infecção

em alguns dos *greens* onde foi realizado o estudo incluindo *greens* tratados com composto e de controlo, demonstrando que o fungo continua presente. Durante o ensaio foram aplicados 85,8 kg ha<sup>-1</sup> de N nos *greens* de controlo e 88,1 kg ha<sup>-1</sup> de N (91,5% na forma orgânica) nos *greens* tratados com o composto. Se nos primeiros a acção depressiva no *Dollar spot* pode ser atribuída à disponibilidade do N (que se encontrava na sua totalidade na forma nítrica) e à acção do fungicida aplicado preventivamente, no caso dos *greens* tratados com o composto, este efeito depressivo no *Dollar spot* poderá estar relacionado com uma disponibilidade do N mais uniforme ao longo do tempo (fruto da mineralização contínua) e ao incremento da actividade microbiana.

### Qualidade dos *greens* avaliada pela velocidade destes

Em relação à velocidade dos *greens* verificaram-se diferenças significativas após a aplicação do segundo *topdress* (Figura 14), apresentando os *greens* onde foi aplicado o composto orgânico, valores superiores aos *greens* de controlo.

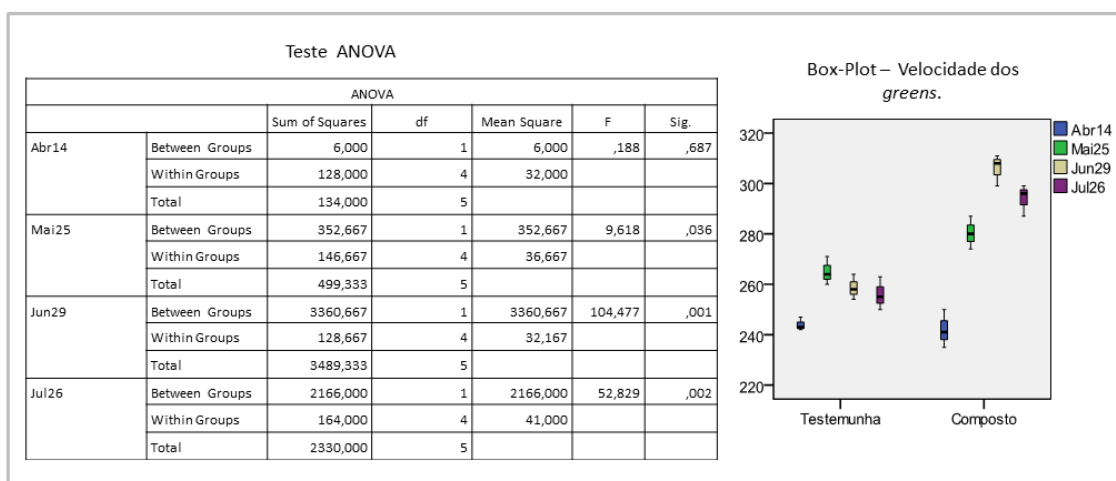


Figura 14 - Dados estatísticos para a velocidade dos *greens*

Nikolai (2005) refere que ao avaliar a influência da adubação azotada na velocidade dos *greens*, devem ser considerados: o total anual aplicado, a frequência da aplicação de fertilizantes, o tipo de fertilizantes utilizados e tipo de aplicação (granulados ou líquidos). Em ensaios realizados por este autor, onde se compararam duas modalidades de fertilização azotada em *greens* construídos sob as especificações USGA: 150kg/ha/ano e 300kg/ha/ano, verificou-se no primeiro ano que os *greens* adubados à dose mais baixa apresentaram mais 7,5cm de velocidade, no segundo ano a diferença aumentou para 12,5cm e no terceiro ano chegou aos 15cm.

Quanto à frequência de aplicação dos fertilizantes, estudos onde se comparou a aplicação cada sete dias de um fertilizante líquido e dois granulados de libertação rápida,

com duas doses (12,5kg/ha N e 8kg/ha N) e ainda a aplicação cada 28 dias, de um fertilizante de libertação lenta (à base de metileno-ureia) às doses de 50kg/ha N e 32kg/ha N, não apresentaram diferenças significativas em relação à velocidade dos *greens* (Nikolai, 2005).

Como referido anteriormente, durante o ensaio foram aplicados 85,8 kg ha<sup>-1</sup> de N nos *greens* de controlo e 88,1 kg ha<sup>-1</sup> de N (91,5% na forma orgânica) nos *greens* tratados com o composto. Estas quantidades de N (kg/ha) tendo em conta que foram aplicadas ao longo dos 4 meses de crescimento mais activo do agrostis, enquadram-se dentro dos valores (150kg/ha/ano) em que o autor acima referido registou maiores velocidades nos *greens*.

Segundo Sullivan *et al.* (2007), normalmente mais de metade do N mineralizado no primeiro ano ocorre 3 a 6 semanas após a aplicação do composto desde que a temperatura e humidade sejam adequadas, por isso o composto aplicado mensalmente, com 22 kg ha<sup>-1</sup> de N, garante um fornecimento contínuo de N entre cada aplicação, sem picos de crescimento. Ao contrário os 28,6 kg ha<sup>-1</sup> de N imediatamente disponíveis do fertilizante, aplicados cada 6 semanas, sugerem que tenham havido alguns picos de crescimento que influenciaram negativamente a velocidade dos *greens* de controlo.

O facto de o P presente no composto não ter estimulado a instalação da *Poa annua*, dos níveis de K, ainda que baixos não terem comprometido a resistência ao calor e pisoteio e também o facto de ter havido uma acção supressiva no *Dollar spot*, ajudaram a que as velocidades dos *greens* tratados com composto se mantivessem quase sempre acima dos 8 pés (244cm). Os valores de velocidade atingidos nos *greens* tratados com o composto permitem concluir que este material, aplicado em *topdress* nas doses referidas não compromete a velocidade dos *greens*, pelo menos no curto prazo.

### 6.3 - Conclusões

Os resultados obtidos, embora não sendo totalmente conclusivos nalguns aspectos e revelando a necessidade de se realizarem outros estudos, no sentido de aprofundar o trabalho experimental que serviu de base para o presente trabalho, permitem, no entanto, retirar algumas conclusões que a seguir se resumem.

Os resultados obtidos no teste de germinação de placa permitem considerar o composto utilizado como um produto de qualidade com um grau de maturação adequado.

As propriedades do solo analisadas para estudar a resposta dos *greens* à aplicação do composto apresentaram, com excepção do “Potássio assimilável”, valores idênticos ou melhores do que os da fertilização convencional.

O composto parece ter tido uma acção supressiva no *Dollar Spot*, ou porque manteve a fertilidade do solo num nível que permite as plantas resistirem ao ataque, ou porque aumentou a actividade microbiana, ou ainda porque introduziu no solo novos antagonistas do fungo.

A velocidade dos *greens* onde o composto foi aplicado manteve-se durante o período de ensaio dentro dos valores pretendidos, superando a partir da segunda aplicação a velocidade dos *greens* de controlo.

O composto em estudo revelou-se uma alternativa válida ao tipo de fertilização habitual no campo de golfe onde foi realizado o ensaio. Se for possível produzir de forma regular uma quantidade suficiente, com uma granulometria inferior a 2mm e um teor de humidade ligeiramente mais baixo de forma a aumentar a densidade aparente, optimizando assim o transporte e facilitando a mistura, aplicação e introdução na relva, este produto pode ser uma alternativa aos fertilizantes normalmente utilizados em campos onde o *topdress* seja uma operação cultural realizada regularmente.

## 8 - Considerações Finais

A caracterização analítica do composto permite referir que este apresenta um teor de humidade não muito elevado, considerando-se no entanto ser mais favorável diminuir esse teor, não só pela economia no transporte como por facilitar a sua incorporação no solo. A composição em bases (Ca, Mg e K), em N e P indica que será uma fonte destes nutrientes para as plantas. Apresenta teores baixos em micronutrientes e metais pesados originando uma incorporação no solo de quantidades inferiores ao referido no DL 276/2009 de 2 de Outubro para utilização agrícola de lamas de ETAR e relativamente aos valores máximos admissíveis para composto da *Classe IIA*.

O ensaio de germinação indicou que o composto tem um grau de maturação adequado para a sua utilização como fertilizante. Aconselha-se, no entanto, a realização de ensaios de germinação com sementes de outras espécies, de forma a consolidar a informação sobre a qualidade do produto. No ensaio de incubação, o composto apresentou na dose mais elevada, correspondente à incorporação de cerca de 8 t de matéria seca do composto, e ao fim de 4 meses, um teor de P biodisponível, semelhante ao obtido pela aplicação de adubo, em doses de aplicação de P similares. Isto significa que a nutrição em P das culturas será assegurada de igual forma com a aplicação de adubo ou de composto nas doses referidas.

O ensaio realizado com a aplicação do composto em *greens* de campo de golfe revelou ser uma alternativa válida ao tipo de fertilização habitual, pois com excepção do “Potássio assimilável”, observaram-se no solo valores idênticos ou melhores do que os da fertilização convencional. Observou-se também uma acção supressiva no *Dollar Spot*, e a partir da segunda aplicação verificou-se um aumento na velocidade dos *greens*. No ensaio em vasos, utilizando como cultura o azevém, observou-se que a aplicação do composto não conduziu a perda de produção relativamente à modalidade testemunha, pelo que não induzirá fitotoxicidade às culturas, mas não substituiu a adubação azotada. O seu efeito sobre o teor em matéria orgânica do solo, nestes ensaios de curta duração não foi possível apreciar, no entanto observou-se no ensaio de incubação uma tendência para um aumento significativo nas modalidades correspondentes à aplicação de 8 t de composto (MS) por hectare.

Uma vez que se observou que a disponibilização em nutrientes, nomeadamente azoto e fósforo, por parte do composto só ocorrerá passados três a quatro meses, após a sua incorporação ao solo, aconselha-se a que no planeamento da fertilização este facto seja tomado em consideração. A aplicação de composto não teve efeito significativo no teor em micronutrientes e metais pesados no solo e nas plantas (Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Cr e Ni).

Uma granulometria inferior a 2mm e um teor de humidade ligeiramente mais baixo facilitarão a sua aplicação ao solo. Este aspecto será particularmente importante se o composto for utilizado em *topdress* nos *greens* de campos de golfe.



## 9 - Referências Bibliográficas

- Analytical Software, 2000. Statitix 7 User's Manual. Analytical Software, Tallahassee, FL. 359p.
- Ann, Y., Reddy, K., Delfino, J., 2000. Influence of chemical amendments on phosphorus immobilization in soils from a constructed wetland. *Ecological Engineering* 14: 157-167.
- Abad, M., Martinez, P., Martinez, M., Martinez, J., 1993. Evaluacion agronomica de los substratos de cultivo. *Actas de Horticultura* 11:141-154.
- Carneiro, J. P., Branco, S., Coutinho, J. e Trindade, H., 2007. Mineralização de azoto de diferentes resíduos orgânicos em incubação laboratorial de longa duração. *Revista das Ciências Agrárias*, 2: 159-173.
- D G Env., 2001. *Working Document Biological Treatment of Biowaste*. 2<sup>nd</sup> Draft. Directorate-General Environment. Directorate A - Sustainable Development and Policy Suport. ENV.A.2. Sustainable Resources. Brussels. EU.
- Darlington, W., 2011. *Compost - A Guide for Evaluating and Using Compost Materials as Soil Amendments*.  
<http://www.soilandplantlaboratory.com/pdf/articles/CompostAGuideForUsing.pdf>. Consultado em 23/10/2011.
- Davis, J. e Dernoeden, P., 2002. *Dollar spot* severity, tissue nitrogen, and soil microbial activity in bentgrass as influenced by nitrogen source. *Crop Science* 42: 480-488.
- Decreto-Lei nº276/2009 de 2 de Outubro. <http://dre.pt/pdf1s/2009/10/19200/0715407165.pdf>. Consultado em 29/11/2011.
- Dernoeden, P., 2002. *Creeping Bentgrass Management: Summer Stresses, Weeds, and Selected Maladies*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Égnér, H.; Riehm, H.; Domingo, W., 1960. Untersuchugen über die chemische Bodenanalyses als Grundlage für die Beurteilung des Narstoffzustandes der Böden. II.Chemische Extraktionmethoden zur Phosphor-und Kaliumbestimmung. *Kunigliga Lantbrukshoegskolans Annaler* 26: 199-215.
- Gabrielle, B., Da Silveira, J., Houot, S. e Francou, C., 2004. Simulating urban waste compost effects on carbon and nitrogen dynamics using a biochemical index. *Journal Environmental Quality*, 33: 2333-2342.
- Garling, D e Boehm, M., 2001. Temporal effects of compost and fertilizer on nitrogen fertility of golf course turfgrass. *Agronomy Journal* 93: 548-555.
- Gonçalves, M., 2001. Qualidade do composto para utilização na agricultura (proposta de regulamentação). *Conferência Europeia sobre Compostagem. Estado da Arte e Histórias de Sucesso em Portugal e na Europa*. Lisboa. Portugal.
- Horta, M. e Torrent, J., 2010. *Dinâmica do Fósforo no Solo. Perspectiva Agronómica e Ambiental*. Edições IPCB. Castelo Branco.
- IUSS Working Group WRB, 2006. *World reference base for soil resources 2006*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- Landschoot, P. e McNitt, A., 1994. Improving turf with compost, *Biocycle* 35: 54-57.
- Landschoot, P. e McNitt, A., 1997. Effect of Nitrogen Fertilizers on Suppression of *Dollar spot* Disease in *Agrostis stolonifera* L. *International Turfgrass Society Research Journal* 8: 905-911.

- Landschoot, P., 2005. Turfgrass, part II. *Government Engineering* Jul/Aug: 26-29.
- Liu, L., Hsiang, T., Cary, C., Eggens, J., 1995. Microbial populations and suppression of *Dollar spot* disease in creeping bentgrass with inorganic and organic amendments. *Plant Disease* 79, 144-147.
- Maguire, R., Sims, J., Coale, F., 2000. Phosphorus solubility in biosolids amended soils in the Mid-Atlantic region of the USA. *Journal of Environmental Quality* 29: 1225-1233.
- Marschner, H., 2008. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second Edition. CPI Antony Rowe, Eastbourne.
- Nikolai, T., 2005 *The Superintendent's Guide to Controlling Putting Green Speed*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- O'Connor, G., Sarkar, D., Brinton, S., Elliot, H., Martin, F., 2004. Phytoavailability of biosolids phosphorus. *Journal of Environmental Quality* 33:703-712.
- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F., Dean, L. , 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular* 939: 1-19.
- Portaria n.º 1322/2006, de 24 de Novembro. *Diário da República, 1.a série—N.º 227—24 de Novembro de 2006*
- Sullivan, D., Cogger, C., Bary, A., 2007. *Fertilizing with Biosolids*. Oregon State University.
- USDA-NRCS PLANTS Database / Hitchcock, A.S. (rev. A. Chase), 1950. *Manual of the grasses of the United States*. USDA Miscellaneous Publication No. 200. Washington, DC.
- USDA, NRCS. 2011. The PLANTS Database <http://plants.usda.gov>. National Plant Data Team, Greensboro, NC 27401-4901 USA. Consultado a 6 de Setembro de 2011.
- Wolkowski, R., 2003. Nitrogen management considerations for landspreading municipal solid waste compost. *Journal Environmental Quality*, 32: 1844-1850.
- Wu, L., Ma, Q., Martinez, G., 2000. Comparison of Methods for Evaluating Stability and Maturity of Biosolids Compost. *Journal of Environmental Quality* 29 (2): 424-429.
- Zucconi, F., Peram, A., Forte, M., De Bertolidi, M., 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle* 22:54-56.