



**Efeito da leonardite nas propriedades químicas do solo e no crescimento de plantas jovens de oliveira (*Olea europaea* L.) cultivadas em vasos**

**Surian Fernanda de Almeida**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná.*

Orientado por

**Manuel Ângelo Rosa Rodrigues**

Coorientadores

**Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues**

Instituto Politécnico de Bragança

**Lucas da Silva Domingues**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Bragança

2021

SURIAN FERNANDA DE ALMEIDA

**Efeito da leonardite nas propriedades químicas do solo e no crescimento de plantas jovens de oliveira (*Olea europaea* L.) cultivadas em vasos**

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadores:

Prof. Dr. Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Prof. Dr. Margaria Maria P. Arrobas

Prof. Dr. Lucas da Silva Domingues

BRAGANÇA

2021

## **AGRADECIMENTOS**

Quero em primeiro lugar agradecer a minha família, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para me ver bem para que eu chegasse até esta etapa na minha vida.

Aos meus orientadores, Professor Doutor Manuel Ângelo Rodrigues, Professora Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues e Professor Doutor Lucas da Silva Domingues, por toda paciência e apoio para à conclusão desta dissertação.

Deixo também meu agradecimento ao Instituto Politécnico de Bragança pela oportunidade de realizar minha dissertação e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade em participar do programa de dupla-diplomação.

Por fim, agradeço aos demais que de uma forma ou outra colaboraram para comigo e com o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

O uso de fertilizantes tem enorme importância para a manutenção das reservas de nutrientes no solo. Para evitar o uso intensivo e indiscriminado de fertilizantes minerais tem-se buscado outras alternativas mais sustentáveis. A leonardite é um material orgânico muito rico em ácidos húmicos e fúlvicos e vem sendo comercializada como fertilizante orgânico ou condicionador do solo. Seus efeitos sobre as propriedades do solo e plantas ainda são pouco conhecidos. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de duas leonardites comerciais sobre propriedades do solo, o estado nutricional das plantas e a produção de biomassa de plantas jovens de oliveira por comparação com outros substratos orgânicos e uma modalidade testemunha. O experimento foi conduzido nas estufas do Instituto Politécnico de Bragança. Os tratamentos utilizados foram: Testemunha sem fertilização (T), Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador leonardite H1 (1,75 g/vaso), Condicionador leonardite H2 (3,57 g/vaso), Condicionador leonardite M1 (0,18 g/vaso), Condicionador leonardite M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). O experimento foi organizado de forma inteiramente casualizada com quatorze tratamentos e três repetições. Nas plantas de oliveira avaliou-se a produção de matéria seca, a concentração de nutrientes nos tecidos e a quantidade de nutrientes recuperados. No solo avaliaram-se diversos parâmetros da fertilidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos as médias foram comparadas utilizando o teste de Scott Knott ( $\alpha = 0,05$ ). Houve diferença em função dos tratamentos para a matéria seca da raiz. Na concentração de nutrientes nos tecidos encontrou-se diferença estatística entre os tratamentos para nitrogênio, boro, ferro, manganês, zinco e cobre. Em relação ao nitrogênio a maioria dos tratamentos tiveram concentrações de nutrientes nas folhas acima dos intervalos de suficiência estabelecidos para a cultura. A folha apresentou maior exportação de macronutrientes que as outras partes da planta, tendo o nitrogênio e o fósforo

apresentado diferença estatística. Em relação aos micronutrientes a maioria ficou retida na raiz sendo o ferro presente em maior quantidade. Nos solos foi registada diferença em matéria orgânica entre os tratamentos. Os solos de todos os tratamentos foram classificados como neutros. As bases de trocas diferiram entre tratamentos, havendo relação com a composição inicial do fertilizante. Os teores de nutrientes no solo apresentaram diferença estatística. Conclui-se que o uso da leonardite como condicionador do solo influenciou de forma significativa a performance das plantas, além disso seu uso e de compostos orgânicos melhoram as propriedades químicas do solo e a disponibilidade de nutrientes. Os resultados também mostram a necessidade de mais estudos sobre sua aplicação na agricultura.

**Palavras-chaves:** *Olea europaea* L.; estado nutricional; produção de matéria seca, leonardita; condicionadores de solo.

## ABSTRACT

The use of fertilizers is of enormous importance for the maintenance of nutrient reserves in the soil. To avoid the intensive and indiscriminate use of mineral fertilizers, other more sustainable alternatives have been sought. Leonardite is an organic material very rich in humic and fulvic acids which has been commercialized as an organic amendment or soil conditioner. Its effects on soil properties and plants are still poorly understood. The objective of the study was to evaluate the effect of two commercial leonardites on some soil properties, the nutritional status of the plants, and the biomass produced by young olive cuttings in comparison with other organic substrates and a non-fertilized control. The experiment was conducted in a greenhouses at the Instituto Politécnico de Bragança. The treatments used were: Control without fertilization (T), Mineral fertilizer NPK (5 g/pot), Compound C1 (35,7 g/pot), Compound C2 (71,4 g/pot), Leonardite H1 conditioner (1,75 g / pot), Leonardite H2 conditioner (3,57 g/pot), Leonardite conditioner M1 (0,18 g/pot), Leonardite conditioner M2 (0,36 g/pot), Compound C1+F (35,7 g + 5 g of compound NPK fertilizer), Compound C2+F (71,4 g + 5 g of compound NPK fertilizer), Conditioner H1+F (1,74 g + 5 g of compound NPK fertilizer), Conditioner H2+F (3,57 g + 5 g of NPK compound fertilizer), Conditioner M1+F (0,18 g + 5 g of compound NPK fertilizer), Conditioner M2+F (0,36 g + 5 g of NPK compound fertilizer). The experiment was arranged as a completely randomized design with fourteen treatments and three replications. In the olive plants it was evaluated the production of dry matter, the concentration of nutrients in the tissues and the nutrient removal plant tissues. In the soil, several properties were evaluated. The data were subjected to analysis of variance and when significant, the means were compared using the Scott Knott test ( $\alpha=0,05$ ). There was a difference depending on treatments for root dry matter. In the concentration of nutrients in the tissues, a statistical difference was found between the treatments for nitrogen, boron, iron, manganese, zinc and copper. Regarding nitrogen, most treatments showed concentrations of this nutrient in the leaves above the sufficiency range established for the crop. The leaf was the tissue removing higher amount of macronutrients in comparison with the other parts of the plant, and nitrogen and phosphorus showed statistical difference to the other treatments. In relation to micronutrients, most were retained in the root, with iron

being present in noticeably high quantity. In the soil there was a difference in organic matter between treatments. The soils of all treatments were classified as neutral. The exchangeable bases differed between treatments, being related to the initial composition of the fertilizer. The levels of nutrients in the soil showed statistical difference between treatments. It can be concluded that the use of leonardite as a soil conditioner significantly influenced the performance of plants. In addition, its use as an organic amendment improved the chemical properties of the soil and the availability of nutrients. The results also showed the need for further studies on its application in agriculture.

**Keywords:** *Olea europaea* L.; nutritional status; dry matter production; leonardite; soil conditioners.

## Sumário

<b>1 Introdução</b> .....	13
<b>2 Referencial teórico</b> .....	15
2.1 A cultura da oliveira .....	15
2.1.1 Taxonomia, origem e expansão cultural.....	15
2.1.2 Características morfológicas .....	16
2.1.3 Importância econômica .....	19
2.1.4 Aspectos nutricionais.....	19
2.2 Fertilidade do solo e crescimento das plantas.....	20
2.2.1 O recurso solo e sua origem .....	20
2.2.2 Componentes orgânicos e minerais .....	22
2.2.3 Macro e micronutrientes .....	24
2.2.4 Fertilização do olival .....	27
2.3 Fertilização orgânica e mineral.....	30
2.4 Condicionadores do solo .....	32
2.5 Leonardite como material fertilizante.....	34
<b>3 Materiais e métodos</b> .....	36
3.1 Área de estudo .....	36
3.2 Instalação dos ensaios e delineamento experimental .....	37
3.2.1 Preparação dos vasos.....	38
3.2.2 Preparação das plantas e plantio .....	39
3.2.3 Manutenção dos ensaios.....	40
3.3 Análises laboratoriais .....	40
3.3.1 Análise nas amostras de solo.....	42
3.3.1.1 Determinação do pH em água.....	42
3.3.1.2 Determinação do pH em cloreto de potássio.....	42
3.3.1.3 Determinação de fósforo e potássio – Método Égner Rhiem .....	43
3.3.1.4 Determinação de carbono orgânico (Método Walkley – Black).....	43
3.3.1.5 Determinação de capacidade de troca catiônica (Bases de troca).....	43
3.3.1.6 Determinação da disponibilidade de boro .....	43
3.3.1.7 Determinação da atividade de fosfatase ácida.....	44
3.3.1.8 Determinação da biodisponibilidade de micronutrientes e metais pesados.....	44

3.3.2 Análise dos tecidos vegetais .....	44
3.3.2.1 Determinação de nitrogênio (Procedimento Kjeldahl) .....	44
3.3.2.2 Determinação de boro .....	45
3.3.2.3 Determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês.....	45
<b>4 Resultados e Discussões</b> .....	<b>46</b>
4.1 Produção de matéria seca.....	46
4.2 Concentração de nutrientes nos tecidos .....	47
4.2.1 Concentração de macronutrientes .....	47
4.2.2 Concentração de micronutrientes.....	50
4.3 Nutrientes recuperados nos tecidos .....	54
4.3.1 Recuperação de macronutrientes .....	54
4.3.2 Recuperação de micronutrientes.....	57
4.4 Propriedades do solo.....	62
<b>5 Conclusão</b> .....	<b>68</b>
<b>6 Referências</b> .....	<b>69</b>

## Índice de Figuras

Figura 1. Localização do local onde foi instalado o experimento (Maps of world, 2021). .....	36
Figura 2. Instalação do experimento (Seixas, 2020). .....	39
Figura 3. Experimento instalado na estufa (Seixas, 2020). .....	40
Figura 4. Colheita do experimento (fração vegetal) (Autora, 2020). .....	41
Figura 5. Colheita do experimento (fração solo) e identificação das amostras (Autora, 2020). .....	41
Figura 6. Pesagem das amostras secas (fração vegetal) e moagem (Autora, 2020). .....	42
Figura 7. Produção de matéria seca da raiz em função dos tratamentos fertilizantes. ....	46
Figura 8. Concentração de nitrogênio nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	48
Figura 9. Concentração de fósforo, cálcio e magnésio na raiz em função dos tratamentos fertilizantes. ....	49
Figura 10. Concentração de boro nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	50
Figura 11. Concentração de ferro nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	51
Figura 12. Concentração de manganês nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	52
Figura 13. Concentração de zinco nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	53
Figura 14. Concentração de cobre nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	54
Figura 15. Exportação de nitrogênio nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	55
Figura 16. Exportação de fósforo, cálcio e magnésio na raiz em função dos tratamentos fertilizantes. ....	56
Figura 17. Exportação de boro na raiz em função dos tratamentos fertilizantes. ....	57
Figura 18. Exportação de ferro nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	58

Figura 19. Exportação de manganês nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	59
Figura 20. Exportação de zinco nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	60
Figura 21. Exportação de cobre nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	61

## Índice de Tabelas

Tabela 1. Características dos condicionadores do solo usado no estudo.....	37
Tabela 2. Tratamentos fertilizantes utilizados durante o estudo.....	38
Tabela 3. Características químicas iniciais do solo. ....	39
Tabela 4. pH (H <sub>2</sub> O), pH (KCl), fósforo e potássio extraíveis (Egner-Rhiem) e matéria orgânica (MO) facilmente oxidável (Walkley-Black) em função dos tratamentos fertilizantes. ....	62
Tabela 5. Análise ao complexo de troca do cálcio (Ca <sup>++</sup> ), magnésio (Mg <sup>++</sup> ), potássio (K <sup>+</sup> ), sódio (Na <sup>+</sup> ), acidez de troca (AT) e capacidade de troca efetiva (CTCe) presentes nas amostras de solos em função dos tratamentos fertilizantes. ....	65
Tabela 6. Concentração de micronutrientes boro, ferro, zinco, cobre e manganês presentes nas amostras de solo em função dos tratamentos fertilizantes. ....	66

## 1 Introdução

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma espécie arbórea bastante cultivada desde o sul da Europa ao norte da África, nas Américas (Sul e Norte) além de alguns países da Ásia (Albin & Vilamil, 2003). Sendo uma cultura de enorme importância para Portugal e toda a bacia do mediterrâneo, esta é considerada uma das espécies mais antigas a ter sido domesticada (Monteiro, 1999).

Mesmo sendo uma espécie rústica com capacidade de se desenvolver em terrenos de pouca fertilidade e em climas extremamente áridos, a fertilização num olival apresenta como principal objetivo o fornecimento de nutrientes às plantas que não estão disponíveis em quantidades satisfatórias no solo, de forma a que a cultura possa atingir o nível de produção desejado (Guerrero, 2003; Arrobas et al., 2009).

Segundo Larcher (2000), os nutrientes considerados importantes ao desenvolvimento de uma planta devem estar prontamente disponíveis a ela desde os estádios iniciais de crescimento, até atingir seu máximo desenvolvimento, evitando que ocorram desequilíbrios entre o conteúdo mineral e o incremento da matéria seca.

Embora as oliveiras consigam sobreviver e se desenvolver em solos de baixa fertilidade e condições de baixa disponibilidade de água, muitos estudos indicam que melhorar a fertilidade do solo e satisfazer as necessidades de água são fatores essenciais para obter uma alta produção (Haggag et al., 2014).

Com o intuito de incrementar a eficiência da absorção de nutrientes, a utilização de condicionadores de solo tem sido amplamente estudada, entre eles as substâncias húmicas. A utilização de condicionadores de solo com o objetivo de incrementar a eficiência da absorção de nutrientes, principalmente o nitrogênio, tem sido amplamente estudada. Uma alternativa está no uso de substâncias húmicas (Cunha et al., 2015).

Os efeitos benéficos dessas substâncias húmicas no crescimento das plantas vêm sendo observados e estudadas. Hoje, é reconhecido que a matéria orgânica do solo afeta as propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, além de também afetar indiretamente o crescimento das plantas. Além disso, constam na literatura dados mostrando que as substâncias húmicas expressam um efeito direto nas plantas (Chen e Aviad, 1990).

A leonardite é um material orgânico com origem na oxidação da lignite e que está associada à mineração das camadas sub superficiais do solo. É um material muito rico em ácidos húmicos e fúlvicos e, atualmente, tem vindo a ser comercializado como fertilizante orgânico ou condicionador do solo para uso na agricultura (Fernández-Escobar et al., 1996).

Assim, este estudo teve por objetivo avaliar o efeito de duas leonardites comerciais sobre as propriedades do solo, o estado nutricional das plantas e a produção de biomassa de plantas jovens de oliveira por comparação com outros substratos orgânicos e uma modalidade testemunha. Esta técnica pode no futuro proporcionar ao agricultor mais uma alternativa para o desenvolvimento sustentável da produção agrícola.

## 2 Referencial teórico

### 2.1 A cultura da oliveira

#### 2.1.1 Taxonomia, origem e expansão cultural

A oliveira (*Olea europaea* L.), planta angiosperma dicotiledônea pertencente à ordem Oleales e a família botânica Oleaceae é uma espécie arbórea bastante cultivada no sul da Europa (em países mediterrâneos como Portugal, França, Espanha, etc.), ao norte da África, nas Américas (do Sul e do Norte) além de alguns países da Ásia (Albin & Vilamil, 2003). Dos 29 gêneros pertencentes nesta família, economicamente o gênero *Olea* é um dos mais importantes, compreendendo cerca de 30 a 35 espécies. A oliveira é a única espécie da família Oleaceae com fruto comestível (Bacelar et al., 2009).

Em semelhança a outras culturas, sua região de origem ainda não se encontra bem definida no tempo. De acordo com Bandino et al. (2007), a espécie *Olea chrysophilla* Laxx é originária da região do médio oriente, a qual sofreu domesticação dando origem a *Olea sylvestris* e sucessivamente à espécie cultivada que conhecemos nos dias atuais. Sendo assim, supõe-se que os cruzamentos entre as diferentes espécies do gênero *Olea* é que tenham originado a oliveira domesticada (Coutinho, 1956).

Considerando a primeira citação histórica da cultura da oliveira, tem-se o norte da Síria como seu local de origem, expandindo-se posteriormente para a região do Egito e a bacia do mediterrâneo, sendo mais tarde introduzida na América (Barranco et al., 1999).

Alguns autores acabaram por considerar que sua origem é datada de aproximadamente 4000-3000 anos a. C. na zona do Líbano e Palestina. A região do Irão, Síria e Líbia também são apontadas como possíveis zonas de origem, sendo esta cultivada há mais de 10.000 anos a.C (Vavilov, 1951; Loussert e Brousse, 1980; Santos, 2002; Barcelar et al. 2009). O cultivo da espécie nos dias atuais se estende também pela África do Sul, China, entre outros (Civantos 1998; Barranco et al., 1999).

Segundo Gouvea (2002), seu cultivo se expandiu através de vários povos, como os gregos, romanos e fenícios para oeste, ao longo da bacia do mediterrâneo, sendo esta hoje em dia sua principal região de cultivo. Todavia, sua expansão chegou também nas Américas. No século XVIII, a cultura foi introduzida no México, Argentina, Chile, Peru, Estados Unidos (na região da

Califórnia), Austrália e Jamaica. Recentemente, foi também introduzida no Japão, África do Sul, Uruguai e Brasil (Santos, 2002; Wrege et al., 2009; Coutinho et al., 2009).

### **2.1.2 Características morfológicas**

A oliveira é uma planta que possui exigências climáticas diferentes de acordo com cada um dos seus estádios fenológicos (Garcia-Mozo et al., 2010; Tanasijevic et al., 2014), sendo caracterizado por mudanças morfológicas e anatômicas durante o seu desenvolvimento.

É uma árvore que apresenta um tamanho médio, possui formato arredondado e suas características de porte, distância de entrenós e densidade de ramos na copa é variável, de acordo com a variedade escolhida e as condições de cultivo disponíveis. Possui polimorfismo em suas etapas de desenvolvimento, apresentando fases bastante distintas, a juvenil e a adulta. Ambas as fases se distinguem pelo potencial reprodutor, taxa de enraizamento e aspecto das folhas e ramos (Rapoport, 1998; Bacelar et al., 2009).

Durante a fase juvenil, a planta apresenta boa capacidade de enraizamento, porém é incapaz de produzir. Suas folhas são mais grossas, curtas e a distancia dos entrenós é menor. Já na fase adulta, alcança sua potencial capacidade reprodutora e a distância dos entrenós e suas folhas são maiores comparadas ao período juvenil (Rapoport, 1998).

Seu sistema radicular é determinado conforme a origem (se são plantas provenientes de sementes ou estacas) e pelas características físico-químicas do solo em que se encontra. Quando as plantas provêm de uma semente, forma-se uma raiz pivotante principal que dominará nos primeiros três a quatro anos, sem que ocorra a formação de raízes secundárias laterais. Em seguida começam a surgir às raízes secundárias e após o transplântio para local definitivo, a raiz principal acaba atrofiando e o sistema radicular passa a ser fasciculado e superficial (Loussert e Brousse, 1980; Monteiro, 1999; Bacelar et al., 2009).

Quando as plantas são oriundas de estacas (o que representa a maioria das oliveiras comerciais), seu sistema radicular possui inicialmente em torno de três a quatro raízes dominantes que quando transplantadas para o local de cultivo definitivo, acabam por formar um sistema radicular totalmente

fasciculado que se estende lateralmente podendo até mesmo (em olivais onde a densidade de plantio é menor), entrelaçar com outras oliveiras (Rapoport, 1998; Bacelar et al., 2009).

A disponibilidade hídrica e a textura do solo também podem interferir na profundidade das raízes. Em solos com baixa disponibilidade de água, as raízes geralmente são mais profundas, comparado a solos de maior disponibilidade hídrica. Já em solos onde a quantidade de argila é maior, as raízes se concentram mais superficialmente, quando comparado a um solo arenoso (Bacelar et al., 2009).

É uma árvore de crescimento lento e grande longevidade. Seu tronco de casca cor cinza ou verde acinzentado pode variar de 2 a 8 m de altura de acordo com a cultivar. Suas folhas são persistentes, de disposição opostas nos ramos, simples e de pecíolo curto, variando a forma e dimensão das mesmas de acordo com cada cultivar. As folhas podem ser de forma oval, lanceolada, elíptica, linear, oblonga e a dimensão varia entre 3 a 8 cm de comprimento e 1 a 2,5 cm de largura (Rapoport, 1998; Rallo, 1998; Starr et al., 2003; Bacelar et al., 2009).

A morfologia da estrutura foliar permite adaptação perante condições de elevada temperatura, controlando as perdas de água para a atmosfera. As folhas possuem capacidade para minimizar a interceptação luminosa (devido a sua menor dimensão, posicionamento vertical e elevada reflectância), maximizando as trocas de calor e assim as respostas fisiológicas dos estômatos (que são pequenos e ficam protegidos) controlam efetivamente a transpiração. Sua face adaxial é de cor escura e brilhante, devido a uma camada espessa de cutícula. Já a face abaxial possui tom acinzentado devido à presença de tricomas, que protegem os estômatos e refletem a luz solar (Rapoport, 1998; Bacelar et al., 2009).

Suas inflorescências são em forma de panícula e situam-se nas axilas foliares dos ramos vegetativos do ano anterior, possuindo entre 10 e 40 flores. O número de flores em cada inflorescência pode variar de acordo com a cultivar, condições fisiológicas e do ambiente. A oliveira pode apresentar em suas inflorescências dois tipos de flores: hermafroditas ou bissexuais (as quais possuem estames e pistilo bem desenvolvidos) e estaminíferas ou masculinas (que possuem um ovário ausente ou primitivo não originando frutos).

Dependendo da região onde se encontram o florescimento no hemisfério norte ocorre entre o final de abril e início de julho (Bacelar et al., 2009).

A oliveira possui frutos que são do tipo drupa, com endocarpo (caroço) recalcitrante e que varia em sua forma, cor e tamanho de acordo com a cultivar. As formas encontradas podem ser obovoides, esferoidais, elipsoidais ou alongadas e o seu tamanho pode variar desde pequeno (até 1-2 gramas) a um fruto considerado muito grande (10-20 gramas) com o período de maturação entre os 25 e 50 dias. O endocarpo também é muito utilizado para a identificação das cultivares (Monteiro, 1999; Bacelar et al., 2009).

Para obter uma boa produtividade, a azeitona necessita de condições climáticas adequadas, como por exemplo, temperatura, luminosidade, umidade atmosférica e condições hídricas no solo. Segundo Civantos (2008) é uma cultura de clima Mediterrâneo, inserida nas latitudes 30° e 45° do Hemisfério Norte e Sul. A oliveira está adaptada às condições ambientais extremas deste clima subtropical, que possui verões quentes e secos (Lavee, 1996). De acordo com Loussert e Brousse (1980), as temperaturas consideradas ótimas para seu desenvolvimento vegetativo estão entre os 10 °C e 30 °C e acima dos 35 °C a árvore regula a sua temperatura fechando os estomas.

Durante o período de inverno, são necessárias temperaturas baixas para quebrar a dormência fisiológica da planta e iniciar a diferenciação dos botões florais (Melo-Abreu et al., 2004; Wrege et al., 2015). No geral, são exigidas temperaturas inferiores a 11 °C por um período de no mínimo dois meses durante o ano, para que ocorra a diferenciação dos botões florais (Rallo & Martin, 1991; Galán et al., 2001; Martins et al., 2012). Após esse período, a oliveira precisa acumular calor, dentro de limites toleráveis, para que ocorra o desenvolvimento reprodutivo e então o surgimento das inflorescências, florescimento, polinização, frutificação e maturação dos frutos (Garcia-Mozo et al., 2010; Moriondo et al., 2015; Wrege et al., 2015).

Mesmo sendo uma planta que possui boa resistência à escassez hídrica, a espécie é muito sensível à asfixia radicular. Solos que são pouco permeáveis, de elevada capacidade de retenção de água e pouco profundos, apresentam maior probabilidade a encharcamento prolongado e conseqüentemente, condições anaeróbias do meio às quais a oliveira é particularmente suscetível (Agusti, 2004). Contudo, se a quantidade de chuvas

for abaixo da média, pode ser prejudicial principalmente no início da floração e frutificação, pois reduz o número de inflorescências, aumentando o número de flores imperfeitas (Orgaz & Fereres, 1999). Em contrapartida, quando ocorrem chuvas em excesso na plena floração, dificulta a polinização podendo até mesmo afetar o teor de óleo do fruto (Santos et al., 2017b).

### **2.1.3 Importância econômica**

A oliveira possui grande importância econômica devido a sua versatilidade. Pode ser utilizada desde a alimentação com o fruto e o azeite, até aquecimento pelo uso da lenha de poda, saponificação, lubrificação e combustível (Reis, 2014). Seu principal destino é para a produção de azeitonas de mesa e a elaboração de azeite (fonte saudável de gorduras, ácidos oleicos e antioxidantes que possuem importantes propriedades terapêuticas) (Sanz-Cortés et al., 2002).

Estima-se que no ano de 2017, a área mundial cultivada com olival tenha atingido 11.519,601 hectares e em Portugal 355.075 ha (FAOSTAT, 2018). Sendo que 96,2% estão localizados nos países da bacia do Mediterrâneo, 3% nas Américas, 0,4% na Oceania e os restantes 0,4% na Ásia (Lucena & Mendez, 2017).

À produção global se situa próxima de 19 milhões de toneladas de azeitonas, onde 90% são destinados à extração de azeite e os outros 10% restantes são destinados a produção de azeitonas de mesa (FAO, 2018).

Em Portugal a cultura da oliveira possui extrema importância econômica (Fernandes, 2014). A produção de azeite e azeitona de mesa tem um peso importante na economia nacional, tendo no ano de 2016 a exportação de azeite gerado aproximadamente 411.746 milhões de euros para azeite normal e 356.519 milhões de euros para azeite virgem (Estatísticas Agrícolas, 2018).

### **2.1.4 Aspectos nutricionais**

A fertilização num olival apresenta como principal objetivo o fornecimento de nutrientes às plantas que não estão disponíveis em quantidades satisfatórias no solo, de forma a que a cultura possa atingir o nível de produção desejado (Arrobas et al., 2009).

A oliveira é uma espécie bem adaptada à região da bacia do Mediterrâneo, a qual, no geral, apresenta predominantemente solos empobrecidos, de reduzida profundidade e bastantes pedregosos. Essas características combinam-se ainda a um longo período de estiagem durante o verão (Wiesman, 2009). Considera-se a oliveira uma planta rústica com capacidade de se desenvolver em terrenos de pouca fertilidade e em climas extremamente áridos (Guerrero, 2003).

Assim como outras espécies de plantas, a oliveira demanda de elementos que são essenciais a seu desenvolvimento. São eles: carbono (C), oxigênio (O), hidrogênio (H), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), molibdênio (Mo), cloro (Cl) e boro (B). Estes atuam no seu crescimento e metabolismo, não podendo ser substituídos (Tombesi & Tombesi, 2007).

Aproximadamente 95% do peso seco vegetal são os elementos carbono, hidrogênio e oxigênio, moléculas essas chamadas de orgânicas. A planta retira essas moléculas do ar ( $\text{CO}_2$ ) e da água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), justificando então a importância da disponibilidade de água em seu desenvolvimento e o impacto que o déficit hídrico causa em seu crescimento e produção. Os 5% restantes correspondem aos demais elementos minerais, sendo alguns deles fornecidos pelo solo e outros pela adubação (Tombesi & Tombesi, 2007).

É fundamental o conhecimento da exigência nutricional que deverá ser fornecida a planta para alcançar uma boa produtividade. Essas exigências determinam-se por fatores genéticos da própria planta, sendo também influenciados por fatores climáticos, fertilidade do solo e o manejo do mesmo (Embrapa, 2008).

## **2.2 Fertilidade do solo e crescimento das plantas**

### **2.2.1 O recurso solo e sua origem**

O solo é um corpo natural, que possui em sua constituição frações sólida, líquida e gasosa. É formado por componentes orgânicos e minerais, distribuídos amplamente no manto superficial terrestre, contendo também matéria viva, que ao longo do tempo vem sofrendo modificações antrópicas e serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas (Soil survey manual, 1984; NRCS, 1999; IBGE, 2007; Embrapa, 2018).

A partir da superfície, sua constituição se dá por meio de camadas, também chamados horizontes, que acabam por se distinguir de acordo com o material de origem, resultado de adições, perdas, transformações, etc, que ocorrem ao longo do tempo, sob a influência de fatores bióticos e abióticos (como por exemplo, o clima, organismos e também o relevo). Os diversos horizontes presentes refletem os processos ocorridos ao longo do tempo a partir do intemperismo do substrato rochoso ou sedimentos de natureza diversos (Embrapa, 2018).

Em seu limite superior, tem-se o ar atmosférico ou também colunas de água (podendo estas ser permanentes ou periódicas). Em sua lateral, limita-se com corpos d'água superficiais ou profundas, rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, ou gelo. Já seu limite inferior é de difícil definição. De maneira geral, gradualmente tem-se a passagem para rocha dura ou sedimentos que não apresentam sinais de influência de atividade biológica (conhecido por material subjacente ou não solo) (NCRS, 1999; IBGE, 2007; Embrapa, 2018).

De forma resumida, os fatores responsáveis à formação de um solo são clima, organismos vivos, material de origem (ou também conhecido como rocha-mãe), relevo e tempo (Jenny, 1941). Através das ações combinadas destes fatores tem-se a ocorrência de inúmeras reações que resultam nos processos de entrada, remoção, translocação e por fim a transformação (Fernandes, 2016).

A entrada é dos componentes água, oxigênio e matéria orgânica seguido pelas remoções da mesma através da evaporação, além do dióxido de carbono que vai para a atmosfera. Em seguida as translocações ocorrem devido ao movimento dos minerais de argila, a migração de nutrientes e o deslocamento de sais presentes no solo e, por fim, as transformações que ocorrem devido a humificação, meteorização de fragmentos minerais e formação de agregados estruturais) (Fernandes, 2016).

Assim se constitui o chamado corpo tridimensional ou também conhecido como pedon, que possui camadas paralelas e características distintas, designadas por horizontes que estendem-se pela superfície do solo até a sua base rochosa constituindo o perfil do solo (Fernandes, 2016; Embrapa, 2018).

### 2.2.2 Componentes orgânicos e minerais

A fração orgânica do solo pode ser definida como o material oriundo de resíduos vegetais ou animais (fragmentos de resíduos, biomassa microbiana, etc), que se encontra em diferentes estados de decomposição, dos quais são excluídas raízes vivas, mas consideram-se inclusos os fragmentos de carvão finamente divididos e a biomassa presente, ambos resultados de processos naturais (Cunha et al., 2015; Embrapa, 2018).

A matéria orgânica provém quase que em sua totalidade de organismos vegetais de espécies variadas. Apesar de ocorrerem diferenças entre as espécies vegetais, é possível observar certa constância entre os constituintes estruturais, que são com componentes básicos das plantas. De acordo com Waksman (1936) os componentes vegetais podem ser divididos em celulose (representa aproximadamente 15 a 60% do peso seco vegetal), hemicelulose (aproximadamente 10 a 30%), lignina (aproximadamente 5 a 30%), fração solúvel em água (inclui as moléculas de açúcar, amido e ácidos que representam de 5 a 30%), fração solúvel em éter ou álcool (inclui as moléculas de gordura, óleos e ceras que representam de 1 a 15%) e por fim as proteínas (aproximadamente 1 a 10%). Em contrapartida, Dick et al. (2009) afirmam que aproximadamente 90% da composição da matéria orgânica é carbono (55%), oxigênio (34%), hidrogênio (5%) e nitrogênio (3%).

A idade das plantas acaba por influenciar diretamente na proporção dos componentes, visto que em plantas mais jovens, em sua composição encontram-se maiores teores de proteínas, minerais e moléculas que correspondem à fração solúvel em água. Todavia, conforme ficam mais velhas aumenta a quantidade de celulose, hemicelulose e ligninas. Além disso, a quantidade desses compostos influencia na decomposição do material vegetal, sendo que as proteínas, a fração solúvel em água, são as primeiras a sofrer metabolização, já as celulosas, hemicelulosas e ligninas são mais difíceis e podem ser encontradas em maior quantidade na matéria orgânica (Cunha et al., 2015).

A matéria orgânica é a principal fonte de carbono para a vida microbiana presente no solo. Porém, nem todo carbono é transformado nas células microbianas, pois grande parte acaba se perdendo durante o processo de mineralização para a atmosfera. Além disso, durante o processo de

decomposição, outros compostos são liberados ao solo, como por exemplo, dióxido de carbono e amônia, substâncias solúveis e insolúveis responsáveis por formarem outros compostos dependendo do pH do meio (Cunha et al., 2015).

Pode-se considerar a matéria orgânica como um dos principais componentes responsáveis pela capacidade produtiva dos solos, devido ao seu efeito na disponibilidade de nutrientes e outros compostos, alteração de cor (que fica mais escura e permite maior retenção de calor), capacidade de troca cátionica (CTC), aumento na retenção dos metais nocivos (ex. alumínio), agregação das partículas minerais, melhora da capacidade de infiltração, retenção de água e aeração do solo além de contribuir na atividade microbiana (reserva de energia) (Fernandes, 2016).

Já a fração mineral é definida como o material formado a partir de compostos inorgânicos que se encontram em vários estádios de intemperismo (Embrapa, 2018). A maioria dos nutrientes que estão presentes no solo são oriundos dos minerais que compõe o material do qual eles se formaram. Se os nutrientes estiverem retidos na estrutura cristalina dos seus minerais, as raízes das plantas não são capazes de absorvê-los. Dessa maneira, é necessário que ocorra um longo processo de intemperismo, para que esses nutrientes sejam então desprendidos dos minerais e armazenados, tornando-se então disponíveis para as plantas (Lepsch, 2010).

Para um crescimento vegetal eficaz, é necessário que todos os nutrientes estejam disponíveis em quantidades adequadas e balanceadas. Quando algum destes estiver em quantidade inadequada (mesmo os outros estando nas quantidades corretas), o crescimento e desenvolvimento da planta será limitado. A ideia de que o crescimento vegetal é controlado por nutrientes foi observado em 1840 pelo químico Justus Von Liebig, sendo conhecida como a “Lei do Mínimo” que diz o seguinte: o máximo de produção depende do fator de crescimento que se encontra à disposição da planta em menor quantidade (Lepsch, 2010).

Os elementos minerais podem ser classificados em dois diferentes grupos: os macronutrientes e os micronutrientes. Esses compostos são considerados fundamentais por participarem de importantes funções nos processos metabólicos das células vegetais.

### 2.2.3 Macro e micronutrientes

Os nutrientes são muito importantes, pois acabam por desempenhar funções imprescindíveis no metabolismo vegetal. De forma geral, esses papéis podem ser estruturais (quando o mesmo faz parte da estrutura de algum componente vital a planta), constituinte de enzimas, ativadores enzimáticos, etc. Vale ressaltar que os nutrientes não apenas ativam, mas podem também ser responsáveis pela inibição de sistemas enzimáticos, interferindo na atividade metabólica da planta (Barros, 2020).

Os elementos minerais podem ser divididos em dois grupos, os macronutrientes e os micronutrientes. O grupo dos macronutrientes é dividido em dois subgrupos, sendo os primários (nitrogênio, fósforo e potássio) e os secundários (cálcio, magnésio e enxofre).

Os micronutrientes boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco são os elementos minerais normalmente necessários em menores quantidades. Existem ainda os chamados elementos benéficos, como níquel, sódio, silício, cobalto e muitos outros. Porém para estes não está provada a sua essencialidade, pelo menos para todas as espécies vegetais, ainda que quando presentes nos tecidos em quantidades adequadas tenham efeitos benéficos nas plantas. Vale ressaltar que o fato de um nutriente ser absorvido em maior quantidade que outro, não significa que é mais importante no metabolismo vegetal, mas apenas que eles são necessários em quantidades e concentrações diferentes (Barros, 2020).

O nitrogênio é um elemento responsável pela constituição de proteínas, faz parte da molécula de clorofila (que é um dos principais componentes da fotossíntese), atua na produção e uso dos carboidratos e faz parte de muitas enzimas e vitaminas. Na oliveira, este é absorvido pela planta desde o início do seu crescimento, iniciação floral, floração até a lenhificação do caroço em suas formas iônicas, nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) e amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). Sua ausência afeta principalmente a síntese proteica (causando redução acentuada no crescimento das oliveiras), suas folhas ficam pequenas, de cor verde clara (devido à inibição da síntese da clorofila) e pode ocorrer a queda prematura das mesmas (Milheiro, 1982; Sengik, 2003; Furlani, 2004; Malavolta, 2006; Barros, 2020).

O fósforo é um elemento responsável pela formação de adenosina trifosfato (ATP) e adenosina difosfato (ADP), que são as fontes de energia utilizadas nos processos metabólicos vitais, e atua também na divisão celular. É componente dos ácidos ribonucleicos (DNA e RNA), está envolvido em reações na fotossíntese e respiração e faz parte de substâncias de reserva (como o amido e os albuminoides). É na forma de fosfatos que se encontra no solo, e sua absorção é feita nas formas do ião ortofosfato primário ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) e do ião ortofosfato secundário ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Nas oliveiras é muito raro sintomas de carência deste elemento, porém quando ocorrem é observada cessação no crescimento, queda de folhas jovens e cloroses (Milheiro, 1982; Taiz & Zeiger, 2013; Barros, 2020).

O potássio participa de várias atividades bioquímicas essenciais, como ativador enzimático, na fotossíntese, na regulação da pressão osmótica das células (controlando o processo de entrada e saída de água), na abertura e fechamento estomático, na formação de amido e na síntese protéica. Este é absorvido na forma iônica ( $\text{K}^+$ ) e sua exigência para as oliveiras é bastante alta. Sua deficiência pode causar o aparecimento de pequenos pontos de coloração marrom que podem evoluir para necrose e morte de tecidos e ramos (Milheiro, 1982; Borkert et al., 2005).

O cálcio é responsável por dar resistência às paredes celulares, além de ser constituinte de várias enzimas. É muito importante no desenvolvimento radicular e necessário no processo de translocação e armazenamento de carboidratos e proteínas. Este é absorvido como íon bivalente ( $\text{Ca}^{++}$ ) e sua exigência para as oliveiras, assim como o potássio é alta. Quando ocorre carência deste elemento, as folhas ficam pequenas e largas, de cor verde-acinzentada na região do ápice, tornam-se necróticas. O crescimento é paralisado e ocorre a queda das folhas (Milheiro, 1982; Reddy, 2001).

O magnésio é um importante ativador de enzimas que são relacionadas com os processos do metabolismo energético, além de ser componente da molécula da clorofila. Este é absorvido como íon bivalente positivo ( $\text{Mg}^{++}$ ) e sua deficiência apresenta como sintoma a clorose nas extremidades das folhas, além de redução da taxa fotossintética (pois ocorre menor síntese do pigmento clorofila) (Milheiro, 1982; Marengo & Lopes, 2005).

O enxofre permite a formação de ligações químicas com outros elementos, onde ocorre a constituição dos aminoácidos e proteínas, além de intervir na síntese de vitaminas e enzimas. Este é absorvido na forma iônica ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e sua deficiência apresenta como sintoma clorose nas folhas pela redução da biossíntese da clorofila e pela sua baixa mobilidade (Stipp & Casarin, 2010; Barros, 2020).

O boro participa de processos fisiológicos como síntese e integridade da parede celular, multiplicação das células, germinação do grão de pólen e formação das flores. Além disso, é muito importante no metabolismo dos ácidos ribonucleicos (DNA e RNA) e ácido indol acético (AIA). Este é absorvido na forma de  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , sendo a oliveira particularmente exigente em boro. As plantas que apresentam carência possuem folhas que, mudam da cor verde-escura para verde-pálida seguida de amarelecimento das folhas e necrose. A dominância apical é modificada, ocorre à morte do broto apical do ramo principal e a seguir dos ramos laterais e a deformação dos frutos. (Milheiro, 1982; Yamada, 2000)

O cloro tem função relacionada à fotossíntese, participando no processo de fotólise da água, sendo este absorvido na forma de  $\text{Cl}^-$  (Barros, 2020).

O cobre está relacionado com o processo de crescimento e desenvolvimento vegetal além de ser um importante ativador enzimático de processos metabólicos, essencial em processos de oxidação e redução. Este é absorvido na forma iônica ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Sua disponibilidade está relacionada ao pH (mais disponível entre 5,0 e 6,5), quantidade de matéria orgânica e textura do solo (Taiz & Zeiger, 2006; Barros, 2020).

O ferro, atuação no metabolismo energético, é essencial para a formação da clorofila, participa da fixação do nitrogênio e diversos processos enzimáticos, além do desenvolvimento de tronco e raízes e participa do processo de transferência de elétrons. Este é absorvido na forma iônica ( $\text{Fe}^{2+}$ ) (Taiz & Zeiger, 2006; Barros, 2020).

O manganês é constituinte de enzimas atuantes na formação da clorofila além de ser ativador de diversas reações metabólicas e necessário para a redução de nitratos e respiração. Este é absorvido na forma iônica ( $\text{Mn}^{2+}$ ) (Galvão, 2002; Barros, 2020).

O molibdênio possui ação sob vários processos bioquímicos, sendo um deles a incorporação do nitrogênio através das reações de redução de nitrato a nitrito. Este é absorvido na forma de íon molibdato ( $\text{MoO}_2^{-4}$ ) (Taiz & Zeiger, 2006).

O zinco é um importante ativador de enzimas, atua no crescimento das plantas pela sua participação na formação do ácido indolacético (AIA) (Galvão, 2002; Barros, 2020).

Apesar das espécies apresentarem diferentes demandas por nutrientes, o desenvolvimento das plantas é limitado quando a disponibilidade desses é muito baixa ou nula. Com isso, diminui o potencial produtivo e a capacidade das plantas de suportar condições adversas. O suprimento adequado de nutrientes, assim como a ausência de elementos tóxicos, é essencial para a obtenção de alta produtividade e de frutos com boa qualidade.

#### **2.2.4 Fertilização do olival**

Para uma adequada nutrição vegetal é necessário levar em consideração que o solo além de ser a fonte principal de nutrientes para a planta, também possui características próprias, distintas entre os diferentes tipos de solo existentes. Mesmo considerando a oliveira uma espécie rústica, a disponibilidade de nutrientes deve ser adequada as plantas desde o seu estágio inicial, até ao estágio de plena produção. Dentre os fatores associados às baixas produtividades nos olivais estão as fertilizações desequilibradas ou insuficientes (Fernandéz-Escobar et al., 2006).

O uso de fertilizantes é importante para a manutenção das reservas de nutrientes no solo. Quando as quantidades de nutrientes que foram exportadas através da colheita dos frutos são maiores que a quantidade adicionada, isso contribui para o empobrecimento deste solo, porém quando a adubação é excessiva, pode causar impactos ambientais, além de um gasto desnecessário ao produtor (Alves et al, 2006). Segundo Gregoriou et al. (2010), a aplicação excessiva e/ou uso indiscriminado de nutrientes não necessários no solo é um dos fatores responsáveis pela degradação ambiental.

Além disso, a prática de manejar o solo impulsiona a ocorrência de modificações e reestruturações morfoestruturais do perfil do solo, causando alterações em sua porosidade que podem repercutir sobre o volume de solo a

ser explorado pelas raízes sendo que, a estruturação e desempenho radicular são um dos principais fatores determinantes da produtividade (Bronick & Lal, 2005).

As condições do solo, como textura (proporção de partículas de areia, silte e argila), teor de matéria orgânica, profundidade, estrutura, reação (ácida, neutra ou alcalina), disponibilidade de nutrientes e boa drenagem tornam-se essenciais para o desenvolvimento adequado das oliveiras (Cardoso et al., 2006).

A profundidade do solo além de sua textura (representada pela proporção de areia, limo e argila) é responsável por condicionar as propriedades físicas e a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Quando um solo agrícola possui essas frações em proporções equilibradas, proporcionam condições melhores para o desenvolvimento vegetal (como por exemplo, a retenção e armazenamento de água durante os períodos de excasses hídrica) (Arrobas et al., 2009).

A oliveira apresenta melhor desenvolvimento em solos que possuem uma textura média (franca, francoarenosa, franco-argilosa, argilo-arenosa e franco-argilo-arenosa), com uma profundidade superior a 0,80 m, livre de camadas compactadas e principalmente, bem drenado. Solos que possam apresentar qualquer tipo de impedimento à penetração e aprofundamento radicular (físico ou químico), interferem diretamente no desempenho das plantas. Tem-se como exemplo a compactação em camadas superficiais do solo que resultará em uma relação negativa com a produtividade, isso decorrente da resistência mecânica que as raízes encontram durante o seu desenvolvimento (Piccinin et al., 2000; Coutinho et al., 2009).

Outro fator que interfere é a acidez do solo, pois solos ácidos (devido o baixo valor de pH - menor que 7) influenciam na solubilidade dos nutrientes, concentração destes na solução do solo e sua disponibilidade para o sistema radicular (Freeman & Carlson, 2005).

Os nutrientes tornam-se indisponíveis para a absorção devido à toxidez causada pela presença de alumínio trocável (alta acidez trocável). A presença de alumínio ( $Al^{3+}$ ), em níveis considerados tóxicos, limita o aprofundamento radicular, sendo uma das hipóteses a de que o alumínio retém o fósforo tornando-o não disponível para as plantas (Soratto & Crusciol, 2008; Coutinho

et al., 2009). Segundo Arrobas et al. (2009), os solos da região norte de Portugal são predominantemente ácidos.

Embora a oliveira se adapte a diferentes valores de pH, as melhores condições de desenvolvimento encontram-se em valores entre 6,0 e 7,5. Em Portugal, é possível encontrar a cultura instalada em solos onde pH varia numa gama de valores. Todavia, quando este é mantido próximo da neutralidade, promove maior disponibilidade de nutrientes importantes ao seu desenvolvimento além de reduzir a presença de outros que possam causar toxicidade se encontrados em excesso. (Arrobas et al., 2009).

A calagem tem sido uma prática bastante eficiente, devido a sua capacidade de elevar os níveis de pH, neutralizar o alumínio tóxico e manganês trocáveis no solo, além de adicionar cálcio e magnésio, proporcionando um ambiente adequado para o crescimento do sistema radicular e a absorção de água e nutrientes pela planta (Dalla Nora et al., 2013).

Contudo, essa prática é realizada na superfície do solo, sem incorporação e sua aplicação é feita de maneira parcelada ao longo do tempo. Isso promove efeitos apenas nas primeiras camadas superficiais, pelo fato do calcário possuir baixa solubilidade dos produtos de sua reação no solo (Rampim et al., 2011). Sendo assim, diante de subsolos ácidos, que apresentam baixo teor de cálcio e alto teor de alumínio, a absorção de água e nutrientes das camadas mais profundas é prejudicada (Caires et al., 2006).

Em contrapartida, outra opção interessante para melhoria das camadas sub superficiais minimizando problemas de acidez e redução da toxicidade por alumínio é a aplicação de gesso agrícola. A prática da gessagem quando realizada, atua no solo reagindo com o alumínio que acaba por se precipitar e fica na forma de  $AlSO_4^+$ , que é menos tóxica (Zambrosi et al., 2007). Além disso, tem-se um aumento nos teores de cálcio e enxofre no subsolo devido a sua ação ocorrer em maior profundidade quando comparado ao calcário (Neis et al., 2010).

A realização do manejo químico, físico e nutricional desde as camadas superficiais até as mais profundas no perfil do solo, tem como objetivo favorecer a fertilidade através da redução da acidez, amenizar a toxidez por alumínio (pela precipitação em uma forma menos tóxica), proporcionar

disponibilidade de água das subcamadas mais profundas em épocas de estiagem e aumentar a quantidade de nutrientes absorvidos, estes que serão utilizados para o seu crescimento, desenvolvimento e bom desempenho radicular (Corrêa et al. 2008).

Outro fator importante é a capacidade de troca catiônica, que influencia na estabilidade do solo, disponibilidade de nutrientes, pH e a reação com fertilizantes e outros. A capacidade de troca catiônica representa a capacidade que o solo possui em reter os elementos cátions evitando que estes se percam por lixiviação (Freeman & Carlson, 2005).

Muitos nutrientes minerais são cátions e o sistema radicular da oliveira consegue absorvê-los através da solução do solo. A troca de um cátion por outro ocorre entre a superfície das partículas de argila mineral e os sítios ativos da matéria orgânica. Sendo assim, quanto maior for a quantidade de argila e/ou matéria orgânica humificada, maior é a capacidade de troca catiônica deste solo (Raij, 1969; Sposito, 2000).

A matéria orgânica também é responsável na disponibilidade de nutrientes, pois esta libera para a solução do solo nitrogênio, enxofre, fósforo, etc. Isso acontece após o processo de decomposição ou mineralização que é realizado por microrganismos presentes na microbiota do solo (Freeman & Carlson, 2005). Os solos de Portugal geralmente possuem teores considerados de baixos a médios de matéria orgânica em sua composição (Fernandes, 2016).

Sendo assim, é essencial que seja realizado o acompanhamento da evolução da disponibilidade de nutrientes no solo e o estado nutricional no qual o olival se encontra, podendo ser feito através dos resultados obtidos de análises de solo e análises foliares, as quais se recomenda que sejam realizadas regularmente no olival (Coutinho et al., 2009). As más práticas agrícolas podem resultar tanto no empobrecimento de um solo fértil como justificar as más produções de azeitona (Alcobia & Ribeiro, 2001).

### **2.3 Fertilização orgânica e mineral**

No solo, os nutrientes podem ser encontrados nas formas solúveis na solução do solo, sendo grande parte adsorvida aos colóides, na fase mineral ou

orgânica (onde se torna lentamente disponível para ser absorvido pelas raízes da planta).

Sendo assim, o conhecimento a respeito da disponibilidade, a relação destes com o pH do meio, as fontes nutricionais que podem ser utilizadas e as necessidades da planta em relação a cada elemento são informações essenciais para obter o máximo rendimento econômico. Além disso, a fertilização possui como principal função a reposição no solo dos nutrientes retirados pelas plantas ou que se perderam após o cultivo (Dias et al., 2006).

A demanda por informações relacionadas à fertilização orgânica e organo-mineral, como alternativa para minimizar os desequilíbrios ecológicos causados pelo uso intensivo de adubação com fertilizantes minerais muito solúveis vem aumentando nos últimos anos (Cavallaro Júnior et al., 2009). Considera-se a matéria orgânica o principal componente do solo, constituída principalmente pelos elementos carbono (que compreende cerca de 60%), hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e fósforo (Santos, 2007). O objetivo da adubação orgânica, além de disponibilizar os nutrientes necessários ao desenvolvimento da oliveira, também melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e arejamento, melhora a atividade microbiana, devido à formação do complexo argilo-húmico (Alcobia & Ribeiro, 2001). A atividade microbiana permite que ocorra a transformação da matéria orgânica ao húmus (Alonso & Guzman, 2004).

A atividade agrícola e as agroindústrias, todos os anos são responsáveis pela geração de grandes volumes de resíduos, que quando não recebem o devido tratamento e destino pode ser potencialmente impactante ao meio ambiente. O reaproveitamento destes (como adubos orgânicos) além de reduzir o uso de fertilizantes minerais, viabiliza a sustentabilidade da produção agrícola (Malheiros & Paula Júnior, 1997; IPEA, 2012).

O processo de compostagem é uma alternativa disponível para o reaproveitamento destes resíduos como fertilizantes orgânicos. Durante o processo ocorre a estabilização e maturação do material, seguido pela mineralização dos componentes da matéria orgânica, que passam então da forma orgânica para a inorgânica onde se tornam disponíveis para serem absorvidos pela planta (Kiehl, 2004; Melo, 2014).

Existe uma grande diversidade de resíduos de natureza orgânica que podem ser utilizados como fertilizantes, como por exemplo, estrumes, compostos, resíduos de culturas, chorumes, águas residuais e lamas de depuração (resultantes do tratamento dos efluentes de criação intensiva da suinicultura) (Dias, s/ data; Gomes & Silva, 2004).

Quanto maior a diversidade dos materiais orgânicos, maior será a variedade nutritiva deste composto. Os fertilizantes orgânicos também são considerados como corretivos do solo, pois acabam se combinando com elementos que quando em excesso podem ser tóxicos, como o alumínio, ferro, manganês, etc, aumentando a disponibilidade dos nutrientes para a cultura (Silva et al., 1989)

Os fertilizantes minerais são produtos de origem mineral, em que muitas das vezes são obtidos através de processos físicos (ex. trituração). Suas características podem ser distintas, sendo usados como corretivos ou como adubos (complementando os fertilizantes orgânicos) (Alcobia & Ribeiro, 2001). Esses fertilizantes liberam nutrientes em maior quantidade e num período relativamente curto de tempo (comparado ao composto orgânico onde a liberação é bem mais lenta), porém não melhoram a estrutura do solo (Naika et al., 2006).

Os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio são os elementos que se encontram em maiores quantidades nos fertilizantes químicos. De acordo com a presença destes, os adubos podem ser classificados como simples (apenas um nutriente) ou composto (dois ou mais) (Taiz & Zeiger, 2006). Os elementos secundários (cálcio, magnésio e enxofre) podem ou não acompanhar as formulações, mas geralmente suas quantidades no solo são adequadas ao desenvolvimento das plantas (Arrobas & Rodrigues, 2017).

#### **2.4 Condicionadores do solo**

De acordo com Almeida (2008), define-se como condicionador de solo, o produto cujas características promova melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo em geral, contribuindo também para uma liberação gradual de nutrientes ao longo do tempo. O uso desses produtos aplicados por exemplo na superfície do solo, servem como cobertura resultando no aumentando da capacidade de retenção de umidade e armazenamento de água (Vilela, 2017).

São substâncias obtidas em sua maioria pela extração de turfas ou minas (com origem em rochas sedimentares formadas a mais de 80 milhões de anos), sintetizados industrialmente mas que sempre são compostos de cadeias carbônicas, semelhantes as encontradas na natureza (Stevenson, 1994; Beauclair et al., 2007). Sua origem pode ser diversa, sendo obtidos, a partir de matéria orgânica, inorgânica ou sintetizada, aplicados conforme as necessidades específicas de cada solo (Dantas, 2011; Zenteno, 2012; Caron et al., 2015; Seixas et al., 2020).

No mercado agrícola existem uma infinidade de condicionadores de solos a base de produtos orgânicos. A obtenção destes produtos, muitas vezes é através do processo de fracionamento químico da matéria orgânica, onde são extraídas diferentes frações de substância húmicas, como por exemplo os ácidos húmicos, fúlvicos e humina. Essas frações são constituídas por moléculas de grupos funcionais distintos e muito reativos (Canelas e Santos 2005). Esses quando aplicados ao solo ou em plantas, apresentaram efeito bioativador em processos fisiológicos e metabólicos nas plantas (Canellas et al. 2015).

O calcário é um produto que se enquadra como condicionador do solo (mesmo sendo fonte de cálcio e magnésio), já que a sua ação altera a acidez, capacidade de troca de cátions, estrutura entre outras. Outro resíduo da fabricação de fertilizantes fosfatados solúveis em água, ou também conhecido como gesso agrícola, se enquadra nesta categoria, pois sua ação promove alterações químicas (que pouco afetam o pH, mas compensa o efeito superficial do calcário), pela extensão de sua atuação ser nas camadas subsuperficiais, que favorece a crescimento e desenvolvimento radicular em profundidade (Caires et al., 2003; Meurer et al., 2004). Além destes, a hidroxiapatita e outras fontes solúveis de fósforo, os materiais ricos em ferro ou manganês e as argilas também são classificados como condicionadores do solo (Boisson et al., 1999; Hamon et al., 2002; Brown et al., 2005).

O carvão vegetal é outro produto que se enquadra na categoria de condicionador do solo. Quando é utilizado no solo, este melhora o crescimento das plantas além de reduzir a disponibilidade biológica de metais pesados e poluentes orgânicos, sendo uma ferramenta de biorremediação. Por possuir

uma uma decomposição lenta, quando aplicado no solos, este mantém suas propriedades por muitos anos. (Lehmann, 2007).

## **2.5 Leonardite como material fertilizante**

Durante todo o processo de degradação de resíduos orgânicos no solo até a sua estabilização, esse material assume diferentes composições químicas, ocorrendo no final à formação de substâncias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fulvicos e huminas, sendo os ácidos fúlvicos os principais responsáveis pelas ações no metabolismo e crescimento das plantas) e não húmicas (proteínas, aminoácidos, polissacarídeos, ácidos orgânicos de baixa massa molar, ceras, entre outros) (Canellas et al., 2008; Trevisan et al., 2010) (Spagnollo, 2004).

A fração de substâncias húmicas é o principal componente da matéria orgânica (constituem a fração coloidal, 70 a 80% dos teores totais) sendo considerado o maior reservatório de carbono orgânico do solo, a qual desempenha um papel importantíssimo na fertilidade e estabilidade dos agregados (Lima, 2014). Atuam também no crescimento de microrganismos além de regularem o ciclo do carbono (Piccolo, 1996; Baldotto et al., 2009; Silva et al., 2011; Dick et al., 2009; Passos et al., 2007).

Podem ser divididas as substâncias húmicas em frações de acordo com sua solubilidade em diferente pH. Os ácidos fúlvicos são substâncias solúveis em meio alcalino e ácido, os ácidos húmicos apenas são solúveis em meio básico, já a fração humina é insolúvel em ambos os meios estando ligada à fração mineral do solo (Silva & Mendonça, 2007).

Morfologicamente essas substâncias promovem o incremento de biomassa na parte aérea, produção de flores, frutos e sementes, desenvolvimento de raízes laterais e adventícias e pêlos radiculares (Baldotto et al., 2012; Canellas et al., 2008; Schiavon et al., 2010; Silva et al., 2011; Trevisan et al., 2011; Wangen et al., 2013; Caron et al., 2015).

A leonardite é um mineraloide na forma oxidada (que contém 50 a 75% de matéria orgânica em sua composição) obtida a partir de linhitos de carbono, resultado da decomposição de resíduos orgânicos que sofrem durante milhares de anos a ação de microrganismos, sendo possível a extração de ácidos húmicos (Guriérrez et al., 2015).

Durante o processo de mineralização, esse material é submetido à coalificação (transformação em carvão após degradação bioquímica e geoquímica) (Neves, 2008; Pacheco, 2008; Kaya et al., 2020). Mesmo tendo aparência de carvão, esta não atinge a compactação do mesmo (Erkoc, 2009). Para extrair as substâncias húmicas da leonardite, é necessário que seja realizada uma lixiviação com solventes alcalinos, podendo ser utilizado hidróxido de sódio (NaOH), hidróxido de potássio (KOH), amônia (NH<sub>3</sub>) e pirofosfato de sódio (Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) (Silva et al., 2013; Saito & Seckler, 2014).

O uso deste material como fertilizante na agricultura vem aumentando, devido a grande quantidade de substâncias húmicas em sua composição, o que a caracteriza como um produto condicionador de solo. Além de aumentar o pH do solo ao redor do sistema radicular, proporciona um aumento da CTC, estimula o crescimento e desenvolvimento das plantas influenciando no seu rendimento (Rose et al., 2014; Gutiérrez et al., 2015).

### 3 Materiais e métodos

#### 3.1 Área de estudo

O experimento foi instalado e monitorado nas estufas, localizadas na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança - IPB, com coordenadas 41°47'48" Latitude Norte e 6°45'42" Longitude Oeste, situada em Bragança- PT (figura 1).



Figura 1. Localização do local onde foi instalado o experimento (Maps of world, 2021).

O clima da região, de acordo com Köppen-Geiger, é classificado como Csb, correspondente a um clima temperado com invernos mais suaves (classe C), verão seco (subclasse Cs) e verão longo e fresco (sub-subclasse Cb) (Gonçalves et al., 2014). Além disso, Bragança possui uma temperatura média anual de 12,3 °C e uma pluviosidade média anual de 744 mm (AEMET, 2011).

### 3.2 Instalação dos ensaios e delineamento experimental

O experimento avaliou o efeito de diversos tratamentos fertilizantes na cultura da oliveira durante o ano de 2019/2020 num ensaio instalado em vasos. No dia 2 de outubro de 2019 foi efetuada a pesagem das amostras de fertilizantes utilizados no ensaio, no laboratório da Escola Superior Agrária de Bragança (Centro de Investigação de Montanha-CIMO).

Os materiais utilizados como condicionador do solo foram dois tipos de leonardites comerciais (H e M), além de um fertilizante orgânico comercial compostado a partir de resíduos sólidos urbanos (C). Suas composições são apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Características dos condicionadores do solo usado no estudo

Propriedades (%)	Leonardite H*	Leonardite M*	Composto **
Carbono orgânico	23,2	-	-
Extrato húmico	40	-	-
Ácidos hulmicos	30	56	-
Ácidos fulvicos	10	16	-
Azoto orgânico	2	-	-
Trióxido de enxofre (SO <sub>3</sub> )	5	-	-
Dióxido de silício (SiO <sub>2</sub> )	24	-	-
Extrato húmico total (p/p)	-	72	-
Óxido de potássio (K <sub>2</sub> O)	-	8	1,81 (± 0,14)
Umidade	-	-	10,5 (± 1,95)
Matéria orgânica	-	-	52,5 (± 3,87)
Carbono total	-	-	29,2 (± 2,5)
Nitrogênio total	-	-	2,41 (± 0,21)
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	-	-	1,49 (± 0,27)

(\*) Informação disponibilizada pelo fabricante; (\*\*) determinação laboratorial (média ± desvio padrão).

Foram estabelecidos quatorze tratamentos incluídas três repetições, sendo os delineamentos experimentais organizados de forma casualizada. A experiência inclui um grupo de tratamentos composto pela testemunha, apenas adubação mineral NPK e os condicionadores que não receberam fertilização mineral NPK. Os tratamentos do segundo grupo receberam os condicionadores e um suplemento de fertilização mineral NPK. Os tratamentos do grupo 1 e 2 são apresentados conforme a tabela 2.

**Tabela 2.** Tratamentos fertilizantes utilizados durante o estudo.

Tratamento	Abreviação
Testemunha sem condicionador	T
Fertilizante mineral NPK (10% N, 10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 10% K <sub>2</sub> O) na dose de 5 g por vaso	NPK
Composto na dose de 35,7 g por vaso	C1 (dose 1)
Composto na dose de 71,4 g por vaso	C2 (dose 2)
Condicionador H na dose de 1,75 g por vaso	H1 (dose 1)
Condicionador H na dose de 3,57 g por vaso	H2 (dose 2)
Condicionador M na dose de 0,18 g por vaso	M1 (dose 1)
Condicionador M na dose de 0,36 g por vaso	M2 (dose 2)
Composto na dose de 35,7 g por vaso + fertilizante mineral NPK (10% N, 10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 10% K <sub>2</sub> O) na dose de 5 g por vaso;	C1 + F
Composto na dose de 71,4 g por vaso + fertilizante mineral NPK (10% N, 10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 10% K <sub>2</sub> O) na dose de 5 g por vaso;	C2 + F
Condicionador H na dose de 1,75 g por vaso + fertilizante mineral NPK (10% N, 10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 10% K <sub>2</sub> O) na dose de 5 g por vaso;	H1 + F
Condicionador H na dose de 3,57 g por vaso + fertilizante mineral NPK (10% N, 10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 10% K <sub>2</sub> O) na dose de 5 g por vaso;	H2 + F
Condicionador M na dose de 0,18 g por vaso + fertilizante mineral NPK (10% N, 10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 10% K <sub>2</sub> O) na dose de 5 g por vaso;	M1 + F
Condicionador M na dose de 0,36 g por vaso + fertilizante mineral NPK (10% N, 10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 10% K <sub>2</sub> O) na dose de 5 g por vaso;	M2 + F

### 3.2.1 Preparação dos vasos

. O solo utilizado no experimento foi coletado da área próxima da estufa, na camada de 0-20 cm e peneirado em uma rede de malha de 6 mm, para a retirada do material grosseiro e melhor homogeneização do mesmo. Os tratamentos foram colocados em vasos de polietileno, sendo necessários 42 vasos para as réplicas (14 tratamentos e 3 repetições). Foram utilizados 3 kg de terra fina para fazer a mistura com os tratamentos fertilizantes correspondente a cada vaso.

A dose de cada condicionador foi determinada tentando respeitar a recomendação do fabricante e aplicando também uma dose dupla. Os fertilizantes minerais foram aplicados tentando simular uma adubação de campo para jovens plântulas de oliveira. As propriedades do solo são apresentadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Características químicas iniciais do solo.

<b>Matéria Orgânica %</b>		2,01 ± 0,19
<b>pH</b>	H <sub>2</sub> O	6,77 ± 0,09
	KCl	5,87 ± 0,07
<b>Micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	Boro (B)	0,30 ± 0,04
	Cobre (Cu)	41,14 ± 3,34
	Zinco (Zn)	3,52 ± 0,45
	Ferro (Fe)	85,54 ± 2,09
	Manganês (Mn)	115,68 ± 9,08
<b>Fósforo e potássio extraíveis (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	115,87 ± 29,68
	K <sub>2</sub> O	194,00 ± 59,40
<b>Complexo de troca (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>)</b>	Ca <sup>++</sup>	11,63 ± 0,62
	Mg <sup>++</sup>	4,24 ± 0,34
	K <sup>+</sup>	0,45 ± 0,12
	Na <sup>+</sup>	1,58 ± 0,13
	AT	0,00 ± 0,00
	CTC	17,90 ± 0,71

### 3.2.2 Preparação das plantas e plantio

No dia 04 de outubro de 2019 foi realizado o plantio das mudas de oliveira nos vasos. As mudas foram preparadas a partir do enraizamento de estacas caulinares semilenhosas da cultivar Cobrançosa.



**Figura 2.** Instalação do experimento (Seixas, 2020).



**Figura 3.** Experimento instalado na estufa (Seixas, 2020).

### **3.2.3 Manutenção dos ensaios**

Após o plantio, o ensaio foi monitorado diariamente. As plantas foram regadas (conforme a necessidade, avaliada pelo estado aparente de umidade do solo), utilizando um copo de Becker de 33 cl como medida, sendo cerca de 1 copo cheio por vaso. No período de primavera e verão, as plantas foram regadas a cada dois dias, devido à maior temperatura verificada ocorrendo esgotamento da água do solo nos vasos. Já no inverno as regas aconteciam com menor frequência, pois as condições ambientais favoreciam para manter a umidade no solo.

Desde a instalação do experimento, o controle das plantas infestantes foi feito de forma manual, com o arranque destas, evitando então que competissem com as plantas de oliveira, comprometendo o seu desenvolvimento.

### **3.3 Análises laboratoriais**

A colheita do experimento teve início no dia sete de outubro de 2020. As plantas foram cortadas e separadas em três frações: raízes; caules; e folhas. Nesta mesma data foram também separadas amostras de solos de cada um dos tratamentos, obtidas a partir da homogeneização da totalidade da terra do vaso.



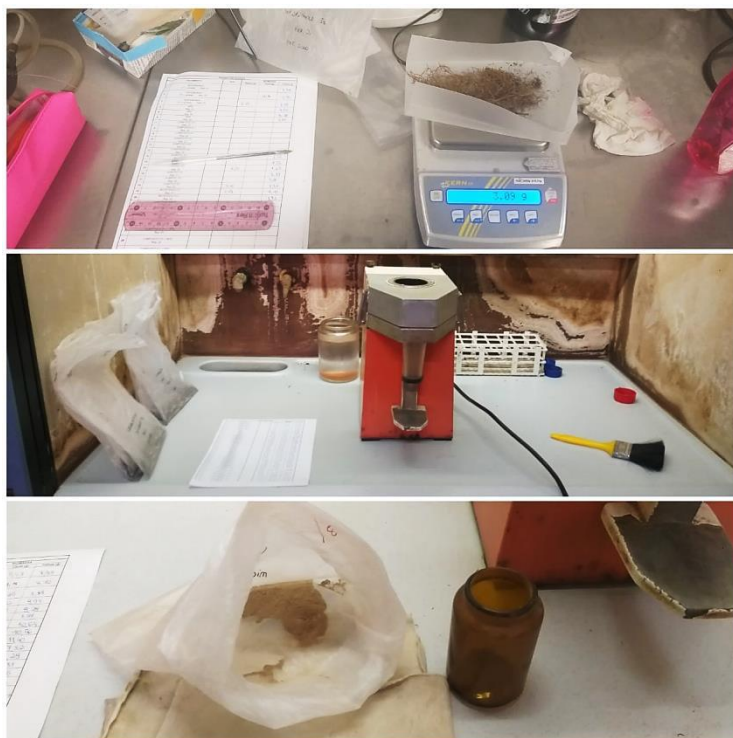
**Figura 4.** Colheita do experimento (fração vegetal) (Autora, 2020).

As amostras de tecidos vegetais foram devidamente identificadas em sacos plásticos, levadas ao laboratório e secas em estufa de ventilação forçada regulada a 60 °C. Em seguida, foram pesadas, moídas e submetidas à análise da sua composição elementar.

As amostras de solos foram crivadas em malha de 2 mm e colocadas para secar em estufa regulada a 40 °C para proceder às análises laboratoriais.



**Figura 5.** Colheita do experimento (fração solo) e identificação das amostras (Autora, 2020).



**Figura 6.** Pesagem das amostras secas (fração vegetal) e moagem (Autora, 2020).

### 3.3.1 Análise nas amostras de solo

O solo coletado foi sujeito a um conjunto de procedimentos visando avaliar suas características e propriedades após a aplicação dos condicionadores. A seguir, estão brevemente descritos os procedimentos analíticos efetuados na fração terra fina.

#### 3.3.1.1 Determinação do pH em água

A preparação da amostra foi feita a partir de uma proporção entre solo e água de 1 para 1,25 (p/v). Fez-se agitação da solução por 2 horas e posteriormente foi realizada a leitura através de um potenciômetro.

#### 3.3.1.2 Determinação do pH em cloreto de potássio

A preparação da amostra foi feita a partir de uma proporção entre solo e solução de 1M KCl de 1 para 2,5 (p/v). Fez-se agitação da solução por 2 horas e posteriormente foi realizada a leitura através de um potenciômetro.

### 3.3.1.3 Determinação de fósforo e potássio – Método Égner Rhiem

As formas solúveis de fósforo e potássio foram determinadas através do método Egner-Riehm. Uma amostra de solo é misturada com uma solução de lactato de amônio com ácido acético, tamponizada a pH de 3.7 na proporção de 1:20 (p/v) (Balbino, 1968). Após duas horas de contacto entre o solo e a solução a suspensão foi filtrada e o fosfato foi determinado por colorimetria, através do método azul de molibdênio de amônio com ácido ascórbico como agente redutor. A intensidade de cor foi avaliada em um espectrofotômetro UV/VIS no comprimento de onda de 882 nm. Já o potássio foi determinado por fotometria de chama num fotômetro de chama Jenway.

### 3.3.1.4 Determinação de carbono orgânico (Método Walkley – Black)

Este se baseia na oxidação do carbono orgânico do solo na presença de dicromato e ácido sulfúrico concentrado. Após 30 min de reação, o excesso de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  é titulado com solução de sulfato ferro amoniacal e o  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  reduzido durante a reação com o solo é considerado equivalente ao C orgânico presente na amostra. O teor de matéria orgânica (MO) existente na amostra foi calculado pela seguinte expressão  $\%MO = \%C \times 1,724$ . O fator 1,724 resulta da suposição de que na composição média da matéria orgânica do solo, o carbono participa com 58% (Nelson & Sommers, 1996).

### 3.3.1.5 Determinação de capacidade de troca catiônica (Bases de troca)

Para esta determinação se utiliza uma solução de sal neutro de acetato de amônio, tamponada com pH 7.0. Os íons amônio substituem os cátions presentes no complexo de troca de solo. Os elementos Ca e Mg são medidos através de espectrofotometria de absorção atômica, já o K e Na são medidos através de espectrofotometria de emissão de chama (Reeuwijk, 2002).

### 3.3.1.6 Determinação da disponibilidade de boro

O elemento boro foi extraído através do método de água fervente, seguido da adição de uma solução de desenvolvimento de cor com base no reagente azometina-H. Foi utilizado o equipamento espectrofotômetro UV/VIS no comprimento de onda de 420 nm, para a leitura da concentração de boro nas amostras (Keren, 1996).

### 3.3.1.7 Determinação da atividade de fosfatase ácida

O método baseia-se na determinação de *p*-nitrofenol formado, após a incubação da amostra com *p*-nitrofenilfosfato durante uma hora a 37 °C.

Em um erlenmeyer, foi pesado um grama de solo, adicionado 0,2 ml de tolueno, 4 ml de solução MUB (Modified Universal Buffer) em pH 6,5 e 1 ml de *p*-nitrofenil-fosfato. O erlenmeyer era depois selado com parafilme. O conjunto das amostras foi levemente agitado para incorporação dos reagentes nas amostras de solos e levado a uma incubadora a 37 °C durante uma hora. Em seguida, adicionou 1 ml de CaCl<sub>2</sub> 0,5 M e 4 ml de NaOH 0,5 M sendo os frascos agitados e o conteúdo filtrado com papel filtro Watman #42.

Em todas as amostras foi feito um controle, que seguiu a mesma metodologia, mudando apenas o momento de adição do *p*-nitrofenil-fosfato, o qual foi adicionado em último lugar. A atividade da fosfatase ácida foi determinada por espectrofotometria num comprimento de onda de 400 nm por quantificação do nitrofenolfosfato formado na reação (Alef et al., 1995).

### 3.3.1.8 Determinação da biodisponibilidade de micronutrientes e metais pesados

Os elementos foram extraídos através de uma solução de acetato de amônio, ácido acético e ácido etilenodiaminotetracético e determinados por espectrometria de absorção atômica (ASS) (Lakanen & Ervio, 1971).

## 3.3.2 Análise dos tecidos vegetais

Após a separação do material vegetal em caule, folhas e raízes, as amostras em suas frações separadas foram secas em estufa de ventilação forçada a 70 °C e moídas em malha de 1 mm em moinho Cyclotec da marca Foss. Em seguida foi determinada a sua composição elementar, nomeadamente no que respeita à concentração dos elementos nitrogênio, fósforo, potássio, boro, cálcio, magnésio, ferro, zinco, cobre e manganês.

### 3.3.2.1 Determinação de nitrogênio (Procedimento Kjeldahl)

Nesse procedimento o nitrogênio é determinado após digestão de 1 g de da amostra com 15 ml de ácido sulfúrico na presença de um catalisador, numa placa de alumínio a 400 °C promovendo a oxidação da amostra. Após a

mineralização da amostra, o nitrogênio foi determinado após destilação, num vaso com solução de ácido bórico 4%, titulado com ácido clorídrico (Bremner, 1996). Após a mineralização da amostra, o processo de quantificação do nitrogênio ocorreu de forma automática num autoanalisador UDK 152 que tem incorporada uma unidade de destilação e titulação.

#### 3.3.2.2 Determinação de boro

Para a determinação de boro, foi realizada a incineração da amostra (1 g) com óxido de cálcio (0,10 g de CaO) e diluição das cinzas em ácido sulfúrico (0,5M). Em seguida a solução foi filtrada e a análise foi realizada por colorimetria, utilizando azometina-H como agente de desenvolvimento de cor. A quantificação do boro foi feita num espectrofotômetro no comprimento de onda 420 nm (Jones, 2001).

#### 3.3.2.3 Determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês

A análise dos demais micronutrientes foi realizada após a pesagem de 0,25 g de material vegetal e mineralização em micro-ondas (*MARS*, *CEM Corporation*) com 10 ml de ácido nítrico. O fósforo foi determinado através de espectrofotometria no comprimento de onda de 882 nm, após diluições adequadas das amostras, usando o método azul de molibdato que utiliza o ácido ascórbico como agente redutor para o desenvolvimento de cor. O potássio foi determinado por espectrofotometria de chama e os demais nutrientes por absorção atômica (Temminghoff & Houba, 2004).

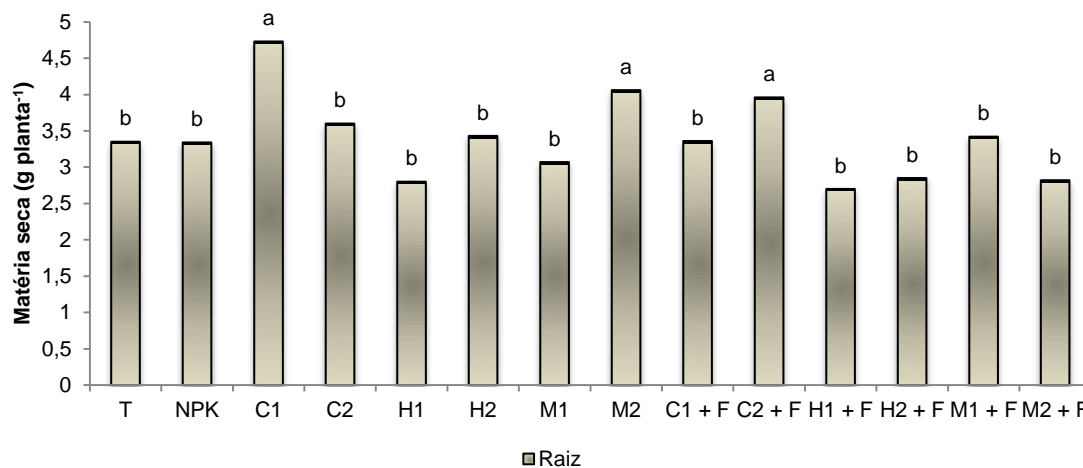
### 3.4 Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA de 1 fator, unidirecional) para apurar as variações significativas entre tratamentos. Para diferenças significativas foi aplicado o método de comparação múltipla de médias de Scott Knott ( $\alpha = 0,05$ ).

## 4 Resultados e Discussões

### 4.1 Produção de matéria seca

Na figura 7 são apresentados os valores de matéria seca da raiz. O caule, folhas, bem como da parte aérea e a totalidade da planta não apresentaram resultados significativos. Observou-se que os tratamentos C1, M2 e C2+F apresentaram a maior massa seca de raiz.



**Figura 7.** Produção de matéria seca da raiz em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Vários autores reconhecem a importância do peso de matéria seca das raízes como sendo um dos parâmetros mais importantes para se considerar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (Gomes, 2001). Resultados semelhantes a estes foram observados por Paiva et al. (2009), ao analisarem o crescimento de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de composto orgânico e fertilização mineral, constatando um incremento significativo na produção de matéria seca de raiz.

Os resíduos orgânicos contém em sua composição, nutrientes necessários para o desenvolvimento vegetal, podendo atender em grande

parte à necessidade das árvores. Isso permite seu uso potencial na agricultura como condicionador do solo e substituto dos fertilizantes minerais (Poggiani et al., 2006). De acordo com Silva et al. (2008), os resíduos orgânicos também podem ser responsáveis por alterar as propriedades físicas (melhorando sua densidade, porosidade e capacidade de retenção de água do solo), características químicas e microbiológicas, elevando seu nível de fertilidade.

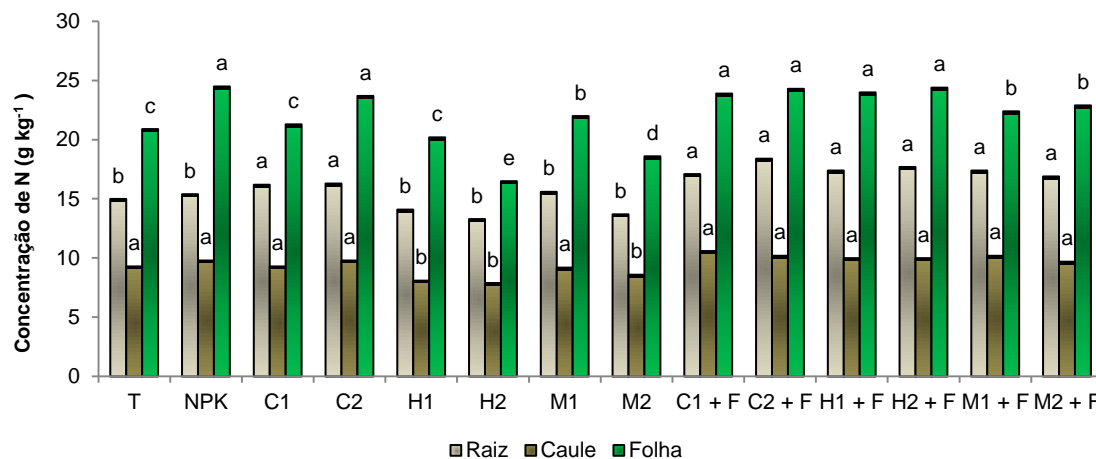
A utilização das substâncias húmicas aplicadas como fertilizantes é bastante citada na literatura pela sua ação influenciar na fisiologia vegetal, resultando em estímulos no crescimento de raiz além de influência na modificação da forma do sistema radicular (Silva et al., 1999; Canellas et al., 2002; Zandonadi et al., 2007; Canellas et al., 2012; Rose et al., 2014; Halpern et al., 2014). Entretanto ainda não são comuns trabalhos relatando os efeitos destas substâncias sobre as diversas partes da planta.

Pinheiro et al. (2010) observaram que a aplicação de substâncias húmicas em clones de eucalipto proporcionou a máxima produção de matéria seca de raiz. Esses resultados estão de acordo com os de outros autores, onde também foi observado que o efeito dessas substâncias promove aumentos significativos no crescimento radicular e na produção de matéria seca de raiz (Atiyeh et al., 2002; Nikbakht et al., 2008). Esses resultados podem estar relacionados a uma maior alocação de nutrientes e fotoassimilados para as raízes, além de modo de ação dos ácidos húmicos presentes serem semelhantes a um hormônio (Nikbakht et al., 2008; Pinheiro et al., 2010).

## **4.2 Concentração de nutrientes nos tecidos**

### **4.2.1 Concentração de macronutrientes**

Em relação a concentração de macronutrientes nos tecidos, apenas o nitrogênio apresentou diferenças significativas em todos os tecidos vegetais (folha, caule e raiz) (Figura 8). A folha foi o tecido que apresentou as maiores concentrações de nitrogênio, sendo que os tratamentos NPK com 24,5 g kg<sup>-1</sup>, H2+F com 24,4 g kg<sup>-1</sup>, C2+F com 24,3 g kg<sup>-1</sup>, H1+F com 24,0 g kg<sup>-1</sup>, C1+F com 23,9 g kg<sup>-1</sup> e C2 com 23,7 g kg<sup>-1</sup> apresentaram as concentrações mais elevadas. O valor mais baixo foi registrado no tratamento H2 que apresentou 16,5 g kg<sup>-1</sup>.



**Figura 8.** Concentração de nitrogênio nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Segundo Fernández-Escobar (2017), a concentração desse nutriente na folha deve estar entre 15-20 g kg<sup>-1</sup> (intervalo de suficiência), valores que foram ultrapassados em alguns tratamentos fertilizantes. Na maior concentração atingiram-se 24,5 g kg<sup>-1</sup> (tratamento NPK), sendo esses valores devido provavelmente ao fato do intervalo de suficiência estar estabelecido para árvores adultas e não para jovens plantas de viveiro.

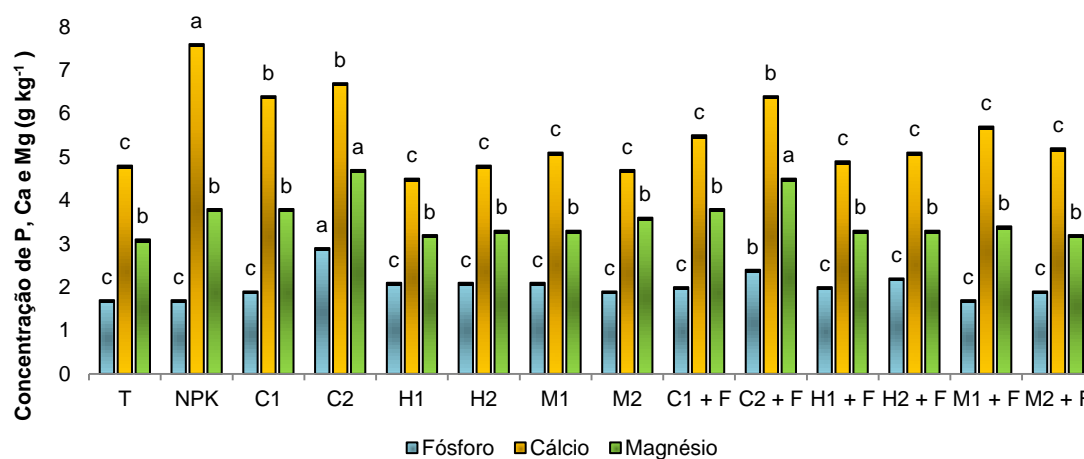
Em seus estudos Rodrigues et al. (2012) também observaram uma maior concentração de nitrogênio nas folhas. Wallau et al. (2008) e Haggag et al. (2014) também observaram resultados parecidos com o do atual estudo. Por este ser um nutriente constituinte de proteínas, ácidos nucléicos e outras estruturas orgânicas de células vivas a abundância nas folhas pode ser explicada (Scherer e Mengel, 2007; Rodrigues et al, 2012).

No caule foram observadas as concentrações mais baixas nos tratamentos H2, H1 e M2. Em seus estudos analisando aplicação de substâncias húmicas em eucalipto, Pinheiro et al. (2010), também observaram decréscimos no teor de nitrogênio no caule após uso de doses mais altas de substâncias húmicas. Outros autores também afirmam que até determinadas

concentrações, as substâncias húmicas podem auxiliar no desenvolvimento de plantas na parte aérea até a raiz (Rodda et al., 2006; Rosa et al., 2009).

As folhas das oliveiras, juntamente com os caules e raízes, têm papel importante no armazenamento de nitrogênio para mais tarde ser mobilizado para atender a novo crescimento (Fernández-Escobar, 2017). Portanto, destaca-se a importância deste nutriente nos planos de fertilização.

As concentrações de fósforo, cálcio e magnésio apenas foram significativas para a raiz (Figura 9). Os tratamentos que registraram as maiores concentrações foram C2 para o fósforo com 2,9 g kg<sup>-1</sup>, NPK para o cálcio com 7,6 g kg<sup>-1</sup> e C2 com 4,7 g kg<sup>-1</sup> e C2+F com 4,5 g kg<sup>-1</sup> para o magnésio.

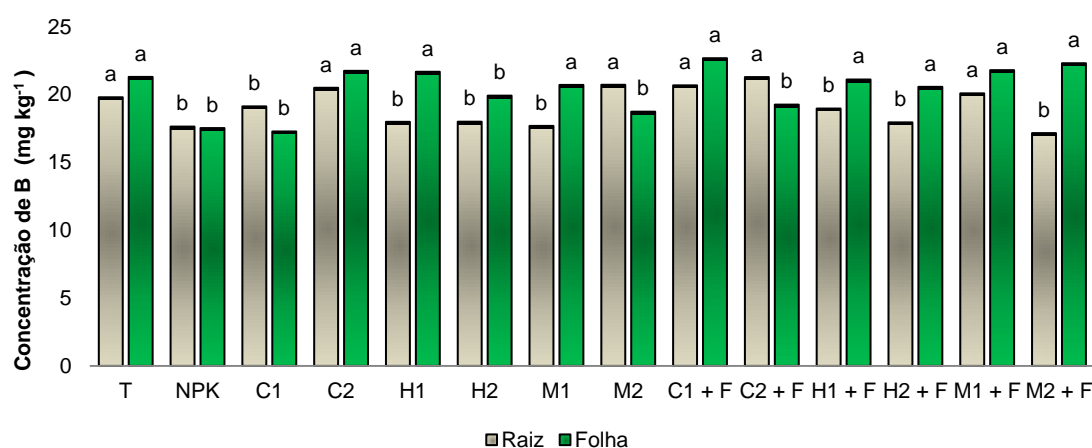


**Figura 9.** Concentração de fósforo, cálcio e magnésio na raiz em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Segundo Fayed (2010), o poder fertilizante dos compostos orgânicos é devido ao seu conteúdo de matéria orgânica e nutrientes em sua composição. Esses resultados estão de acordo com El-Morshedy (1997) e Helail et al (2003). De acordo com El-Hady (1991), o composto pode ser atribuído um aumento dos nutrientes do solo na zona da raiz, que ficam retidos e disponíveis para absorção pela planta.

#### 4.2.2 Concentração de micronutrientes

Em relação a concentração de boro nos tecidos, apenas a folha e a raiz apresentaram diferenças estatísticas (Figura 10). No caule a concentração do nutriente não diferiu significativamente entre tratamentos. Na folha as maiores concentrações foram nos tratamentos C1+F com 22,68 mg kg<sup>-1</sup>, M2+F com 22,31 mg kg<sup>-1</sup>, M1+F com 21,80 mg kg<sup>-1</sup>, C2 com 21,75 mg kg<sup>-1</sup>, H1 com 21,68 mg kg<sup>-1</sup>, T com 21,30 mg kg<sup>-1</sup>, H1+F com 21,11 mg kg<sup>-1</sup> e M1 com 20,71 mg kg<sup>-1</sup>. Na raiz as maiores concentrações foram observadas nos tratamentos C2+F com 19,80 mg kg<sup>-1</sup>, M2 com 20,72 mg kg<sup>-1</sup>, C1+F com 20,68 mg kg<sup>-1</sup>, C2 com 20,50 mg kg<sup>-1</sup>, M1+F com 20,09 mg kg<sup>-1</sup> e T com 19,80 mg kg<sup>-1</sup>.

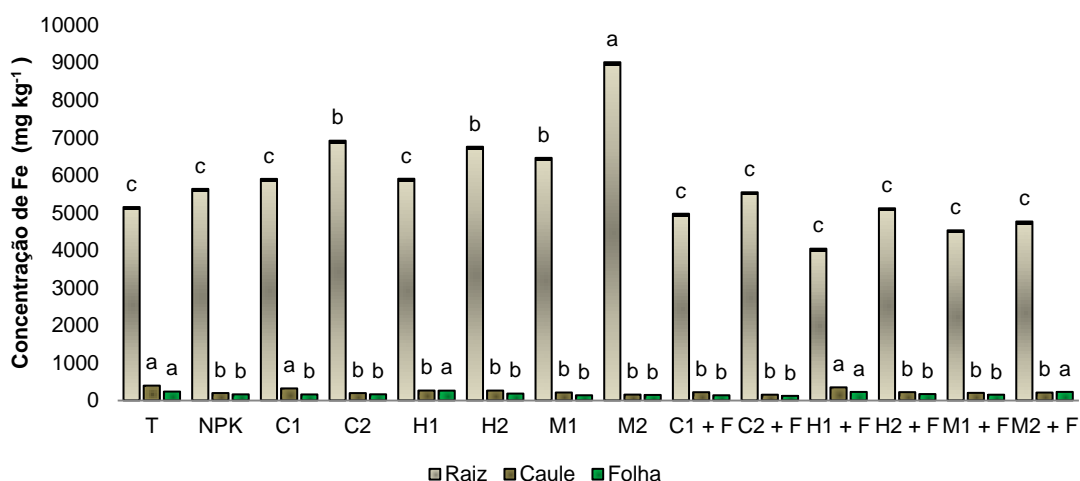


**Figura 10.** Concentração de boro nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Segundo Fernández-Escobar (2017), a faixa adequada está entre 19 e 150 mg kg<sup>-1</sup>, sendo o nutriente altamente requerido pela oliveira. Os resultados do atual estudo possuem semelhança com os registrados nos estudos de Rodrigues et al. (2012). A importância deste elemento é devido à função primordial desempenhada no crescimento e produção das oliveiras (Santos, 2015).

Além disso, possui papel importante na regulação de água da planta e vingamento de flores e desenvolvimento dos frutos. Uma maneira eficiente para manter a concentração de boro nas folhas das oliveiras, é recorrer a sua aplicação ao solo (Rodrigues & Arrobas, 2008). Dessa forma, os tratamentos fertilizantes a base de composto e leonardite, além da combinação com fertilizante mineral podem ter sido os responsáveis pelo fornecimento de boro às plantas.

Para a concentração de ferro nos tecidos, a folha, caule e raiz apresentaram diferenças estatísticas. Na folha os teores do nutriente variaram entre 224,47 mg kg<sup>-1</sup> (H1+F) até 259,80 mg kg<sup>-1</sup> (H1). No caule as variações foram entre 318,57 mg kg<sup>-1</sup> (C1) e 392,99 mg kg<sup>-1</sup> (T). Já na raiz, a maior concentração registrada foi 9012,18 mg kg<sup>-1</sup> (M2) (figura 11).

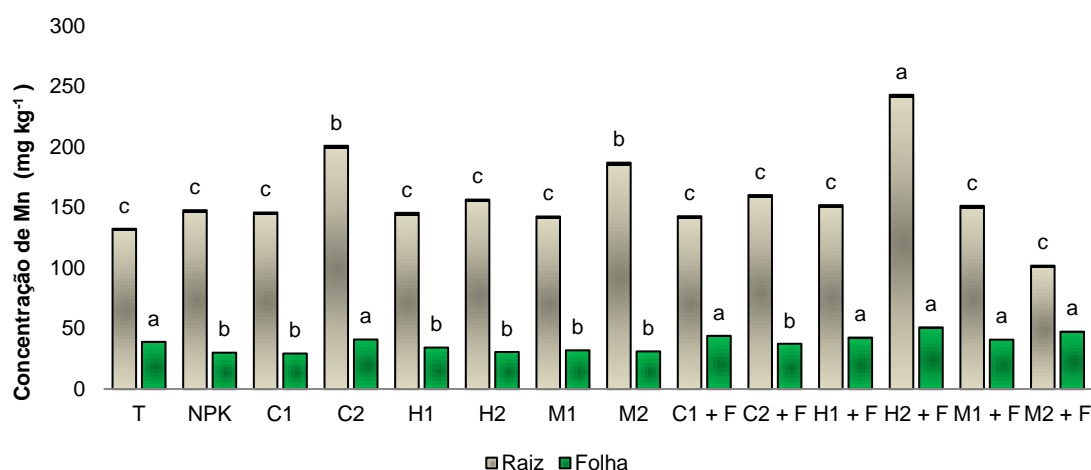


**Figura 11.** Concentração de ferro nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Considerando a distribuição do ferro entre o sistema radicular e a parte aérea, a maior parte dele acumulou-se no sistema radicular. Isso provavelmente aconteceu porque uma porcentagem muito maior do teor total

de ferro por planta foi retida no sistema radicular. Observa-se então que a raiz exerce uma função de “buffer” controlando os níveis de ferro na parte aérea da árvore. Piroli (2019) obteve resultados semelhantes para a oliveira. Outros autores também observaram resultados parecidos em outras espécies vegetais, como por exemplo Nogueira et al. (2007) na cultura da soja e Farzaneh et al. (2011) em grão-de-bico.

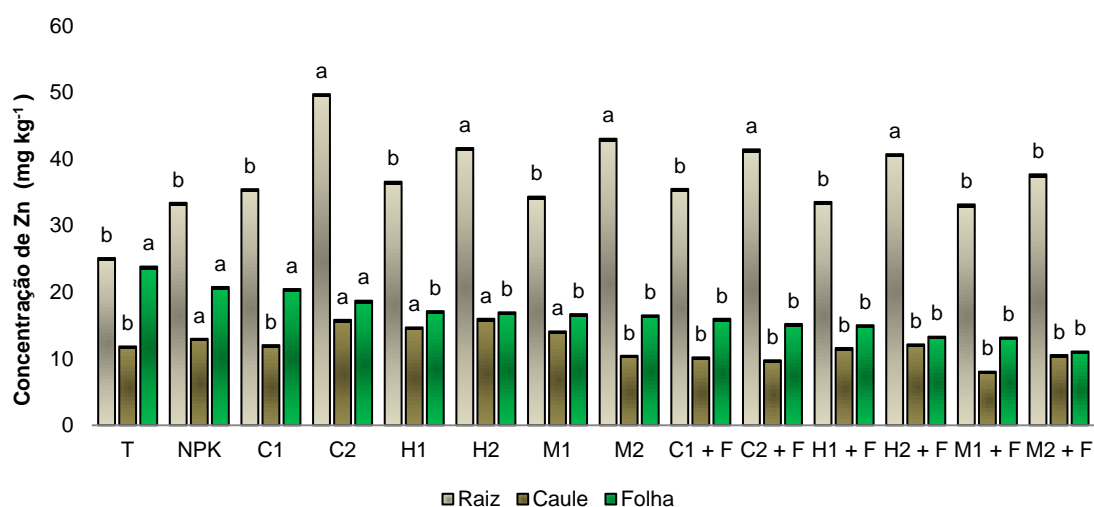
A maior concentração de manganês, zinco e cobre também foram observados na raiz, em comparação com os outros tecidos. No manganês a maior concentração ficou com o tratamento H2+F com 243,11 mg kg<sup>-1</sup>, no entanto observam-se altas concentrações do elemento nos tratamentos C2 com 201,01 mg kg<sup>-1</sup> e M2 com 187,07 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente (figura 12).



**Figura 12.** Concentração de manganês nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

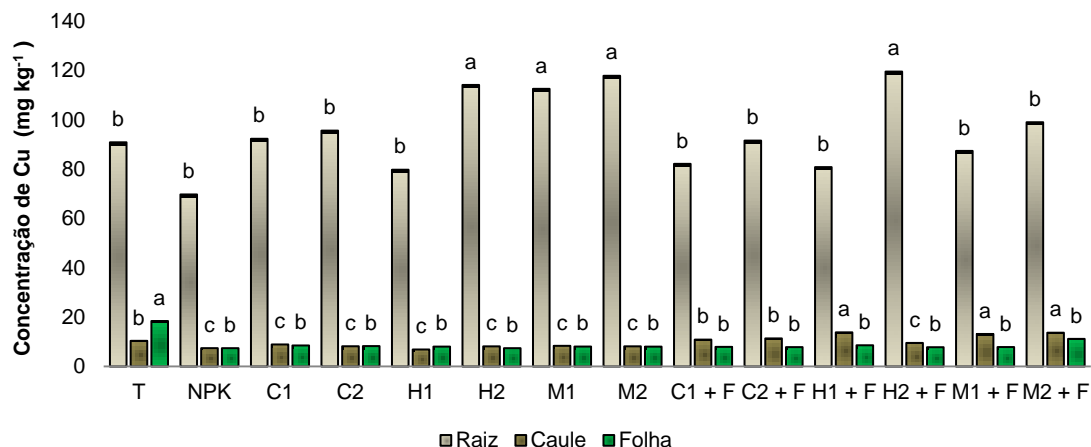
Essa alta capacidade em acumular Mn em seu sistema radicular pode ser vantajosa em solos com altas concentrações de Mn e pode constituir um mecanismo de desintoxicação para as oliveiras, protegendo a parte aérea da árvore da toxicidade do Mn (Chatzistathis et al. 2009).

Para o zinco as maiores concentrações foram com os tratamentos C2 com 49,77 mg kg<sup>-1</sup>, M2 com 43,07 mg kg<sup>-1</sup>, H2 com 41,67 mg kg<sup>-1</sup>, C2+F com 41,47 mg kg<sup>-1</sup> e H2+F com 40,75 mg kg<sup>-1</sup> (figura 13).



**Figura 13.** Concentração de zinco nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Já no cobre, as maiores concentrações foram observadas nos tratamentos H2+F com 119,62 mg kg<sup>-1</sup>, M2 com 117,91 mg kg<sup>-1</sup>, H2 com 114,20 mg kg<sup>-1</sup> e M1 com 112,62 mg kg<sup>-1</sup>. Os demais não diferiram entre si (figura 14).



**Figura 14.** Concentração de cobre nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Em seus estudos, Pinheiro et al. (2010) observaram uma redução no acúmulo de ferro, zinco e cobre nas folhas e caule com o aumento das concentrações de ácidos húmicos.

### 4.3 Nutrientes recuperados nos tecidos

#### 4.3.1 Recuperação de macronutrientes

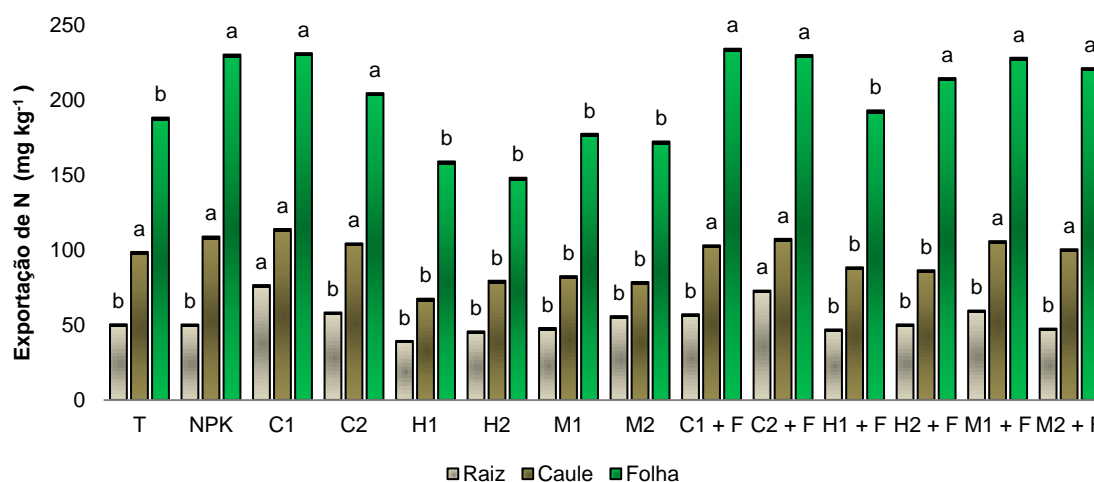
Os resultados da exportação de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e micronutrientes (boro, ferro, manganês, zinco e cobre) foram obtidos a partir do produto entre a matéria seca e a concentração de um dado nutriente na matéria seca.

Os valores da extração de nutrientes na matéria seca da planta são essenciais para determinar as reais necessidades da planta e possibilitar, de maneira correta, estimar a quantidade de fertilizante que deverá ser adicionado (Fernández-Escobar et al., 2015).

Além de cada cultura responder de maneira bastante diferente aos nutrientes, Rodrigues et al. (2012) destacam que uma planta de oliveira exporta

de nitrogênio quantidades reduzidas, quando comparadas ao potássio, para o qual a exportação é mais elevada.

O macronutriente exportado em maior quantidade foi o nitrogênio e a parte da planta em que houve maior acúmulo de nutrientes foi a folha. O nitrogênio apresentou as maiores acumulações nos tratamentos C1 com  $344,95 \text{ mg planta}^{-1}$ , NPK com  $339 \text{ mg planta}^{-1}$ , C2+F com  $337,13 \text{ mg planta}^{-1}$ , C1+F com  $337 \text{ mg planta}^{-1}$ , M1+F com  $333,78 \text{ mg planta}^{-1}$ , M2+F com  $321,49 \text{ mg planta}^{-1}$ , C2 com  $308,70 \text{ mg planta}^{-1}$  e H2+F com  $300,84 \text{ mg planta}^{-1}$ . Os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si (figura 15).

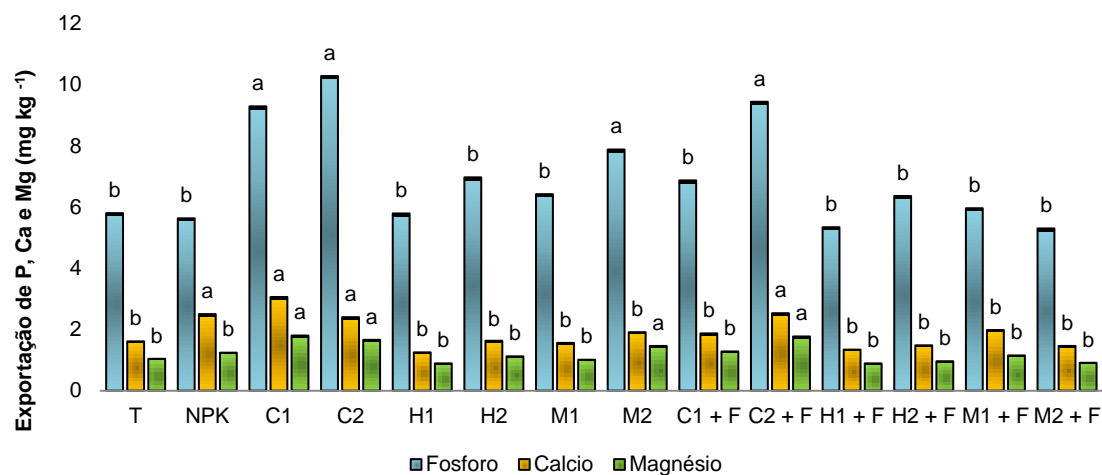


**Figura 15.** Exportação de nitrogênio nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Em seus estudos, Fernández-Escobar et al. (2015) ao analisarem plantas adultas de oliveira encontraram resultados semelhantes e observaram ainda, que houveram altas taxas de absorção para cálcio, nitrogênio e potássio. De acordo com Fernández-Escobar (2017) o potássio é o elemento extraído em maior quantidade pela oliveira. Contudo, os valores deste nutriente não

apresentaram diferenças significativas entre tratamentos para nenhuma das partes da planta.

Na figura 16 observa-se a acumulação de fósforo, cálcio e magnésio na raiz, sendo que o potássio não registrou diferenças significativas.

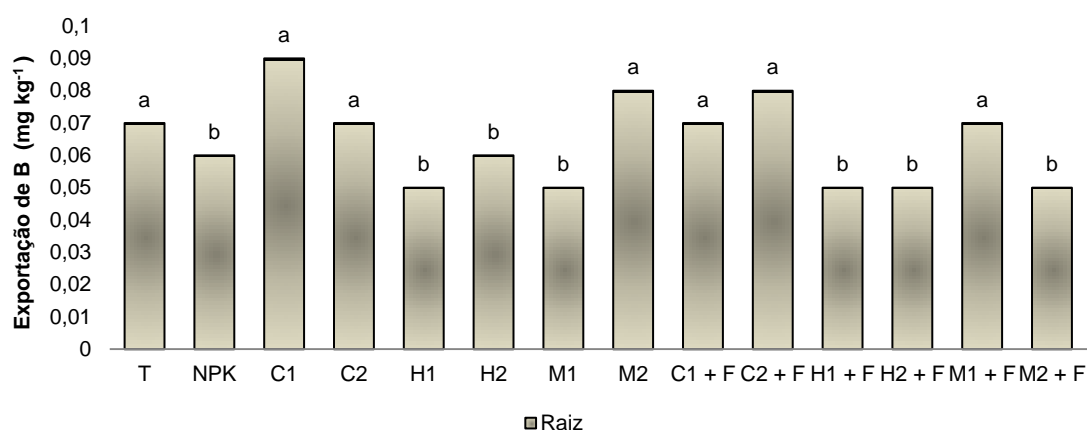


**Figura 16.** Exportação de fósforo, cálcio e magnésio na raiz em função dos tratamentos fertilizantes: T- testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

O fósforo registrou nos tratamentos C2 com 10,28 mg planta<sup>-1</sup>, C2+F com 9,44 mg planta<sup>-1</sup>, C1 com 9,29 mg planta<sup>-1</sup> e M2 com 7,88 mg planta<sup>-1</sup> as maiores concentrações. Já para o cálcio as maiores concentrações foram no C1 com 3,06 mg planta<sup>-1</sup>, C2+F com 2,53 mg planta<sup>-1</sup>, NPK com 2,50 mg planta<sup>-1</sup> e C2 com 2,40 mg planta<sup>-1</sup>. Para o magnésio os tratamentos C1 com 1,80 mg planta<sup>-1</sup>, C2+F com 1,77 mg planta<sup>-1</sup>, NPK com 2,50 mg planta<sup>-1</sup>, C2 com 1,66 mg planta<sup>-1</sup> e M2 com 1,46 mg planta<sup>-1</sup> registraram as maiores concentrações. Os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

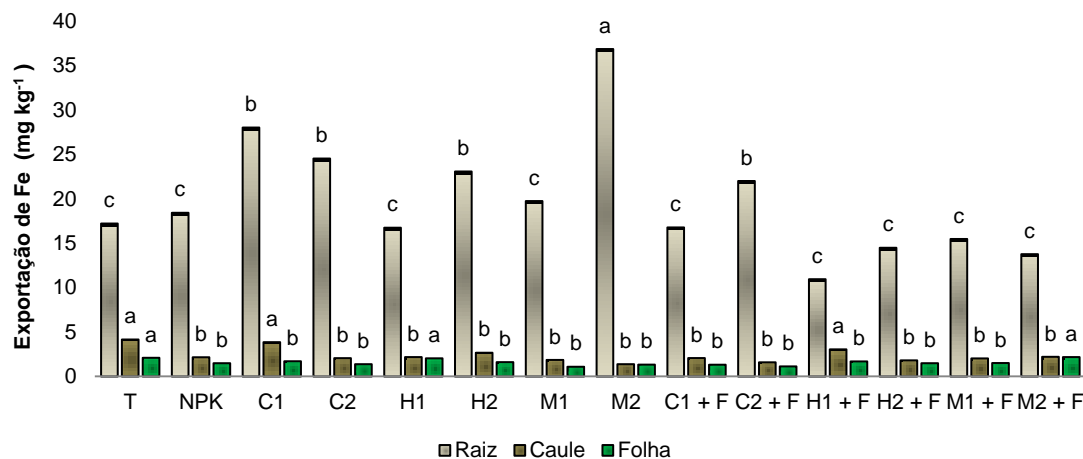
### 4.3.2 Recuperação de micronutrientes

Em relação aos micronutrientes, observa-se que a maioria ficou retida na raiz e o nutriente que esteve presente em maior quantidade foi o ferro. Na figura 17 observa-se a recuperação de boro nas raízes, sendo que os valores para o caule e folhas não foram significativos. Os valores mais elevados de acumulação foram nos tratamentos C1 com  $0,09 \text{ mg planta}^{-1}$ , M2 e C2+F com  $0,08 \text{ mg planta}^{-1}$  e T, C2, C1+F e M1+F com  $0,07 \text{ mg planta}^{-1}$  respectivamente.



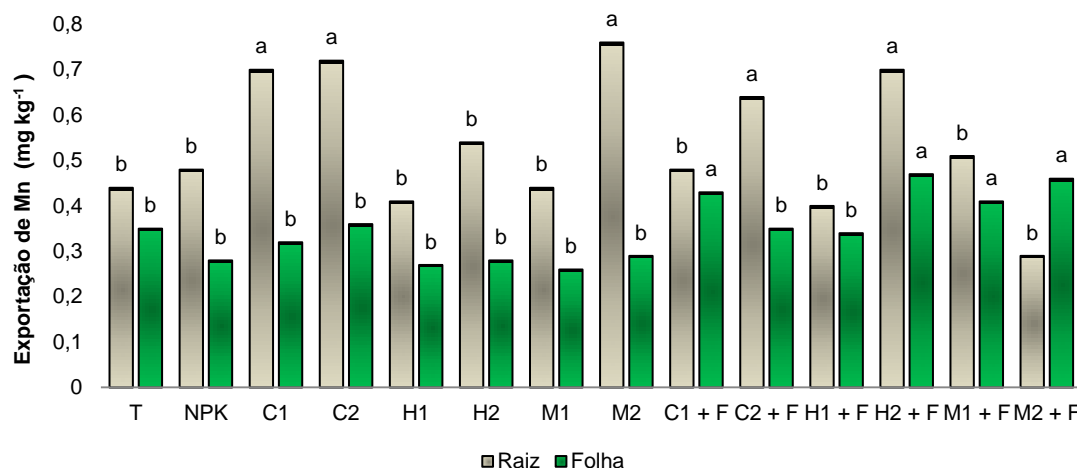
**Figura 17.** Exportação de boro na raiz em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

No ferro a maior concentração ficou com o tratamento M2 com  $36,88 \text{ mg planta}^{-1}$ , no entanto observam-se altas concentrações do elemento nos tratamentos C1 com  $28,04 \text{ mg planta}^{-1}$ , C2 com  $24,55 \text{ mg planta}^{-1}$ , H2 com  $23,09 \text{ mg planta}^{-1}$  e C2+F com  $22,02 \text{ mg planta}^{-1}$  (figura 18).



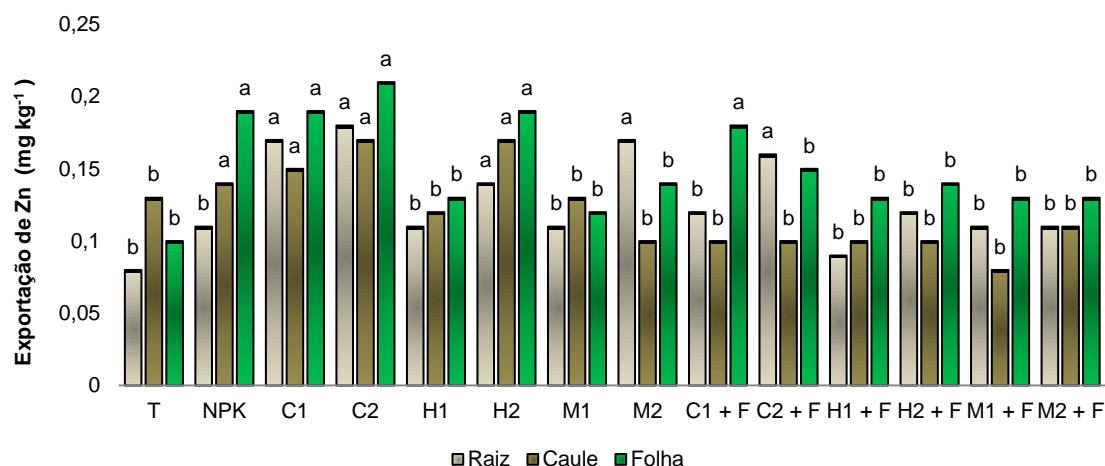
**Figura 18.** Exportação de ferro nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Para o manganês observa-se resultados significativos apenas para a raiz e as folhas. Os tratamentos que tiveram as maiores concentrações foram M2 com 0,76 mg planta<sup>-1</sup>, C2 com 0,72 mg planta<sup>-1</sup>, C1 e H2+F, ambos com 0,70 mg planta<sup>-1</sup> e C2+F com 0,64 mg planta<sup>-1</sup> (figura19).



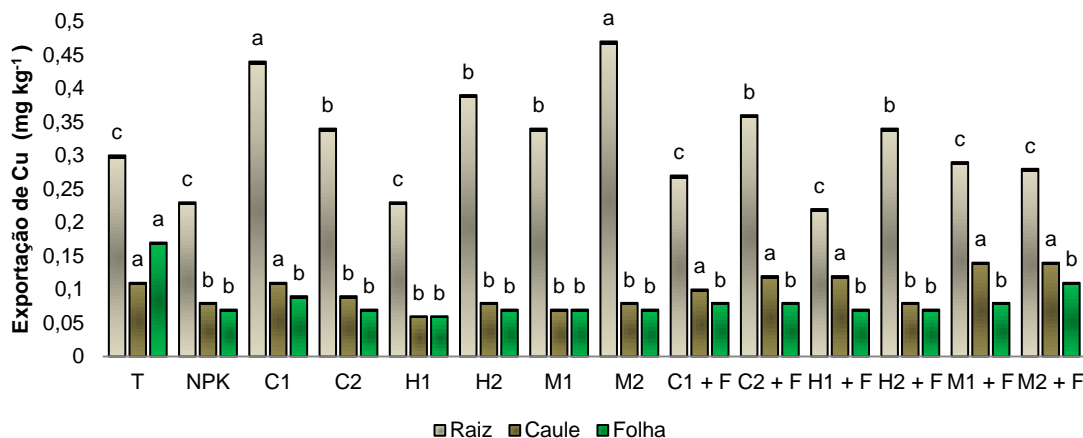
**Figura 19.** Exportação de manganês nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A figura 20 apresenta os valores de zinco recuperado nos tecidos. A raiz teve as maiores concentrações nos tratamentos C2 com  $0,18 \text{ mg planta}^{-1}$ , C1 e M2 com  $0,17 \text{ mg planta}^{-1}$ , C2+F com  $0,16 \text{ mg planta}^{-1}$  e H2 com  $0,14 \text{ mg planta}^{-1}$ . O caule teve os maiores valores no C2 e H2 ambos com  $0,17 \text{ mg planta}^{-1}$ , C1 com  $0,15 \text{ mg planta}^{-1}$  e NPK com  $0,14 \text{ mg planta}^{-1}$ . Já a folha apresentou os maiores valores nos tratamentos C2 com  $0,21 \text{ mg planta}^{-1}$ , NPK, C1 e H2 ambos com  $0,19 \text{ mg planta}^{-1}$  e C1+F com  $0,18 \text{ mg planta}^{-1}$ , respectivamente.



**Figura 20.** Exportação de zinco nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

No cobre as maiores concentrações foram observadas nos tratamentos M2 com 0,47 mg planta<sup>-1</sup> e C1 com 0,44 mg planta<sup>-1</sup>, no entanto foram observadas altas concentrações nos tratamentos H2 com 0,39 mg planta<sup>-1</sup>, C2+F com 0,36 mg planta<sup>-1</sup> e C2, M1 e H2+F, ambos com 0,34 mg planta<sup>-1</sup> respectivamente (figura 21).



**Figura 21.** Exportação de cobre nos tecidos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK). Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Resultados parecidos foram observados por El-Jendoubi et al. (2013), sendo que estes também relatam em seus estudos que o manganês foi o nutriente exportado em menor abundância. Todavia, os registros encontrados pelo autor diferem do atual estudo pelo simples fato de que o cobre foi o nutriente com menor exportação pela planta.

São relatados em várias publicações, aumento da absorção e recuperação de nutrientes influenciados por substâncias húmicas em diferentes espécies de plantas (Rauthan e Schnitzer, 1981; Chen e Aviad, 1990; Fagbenro e Agboole, 1993).

Alguns autores como Lee & Bartlett (1976), Vaughan & Malcom (1985) e David et al. (1994) sugerem a existência de um efeito sinérgico entre as substâncias húmicas e os nutrientes na planta. Foi demonstrado que a aplicação de leonardite melhora a absorção e recuperação de nutrientes, como ferro e nitrogênio e aumenta o rendimento e a qualidade da planta (Ece et al., 2007; Fascella et al., 2015; Cieschi et al., 2017).

#### 4.4 Propriedades do solo

Na tabela 4 são apresentados os dados de pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl), P e K extraíveis e matéria orgânica.

**Tabela 4.** pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl), fósforo e potássio extraíveis (Egner-Rhiem) e matéria orgânica (MO) facilmente oxidável (Walkley-Black) em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK).

Tratamento	pH		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>				K <sub>2</sub> O		MO %	
	H <sub>2</sub> O	KCl								
T	6,66	b	6,42	c	85,67	e	122,00	f	1,90	d
NPK	6,66	b	6,40	c	132,33	d	130,00	f	1,84	d
C1 (dose 1)	6,85	a	6,50	b	124,00	d	188,67	d	1,86	d
C2 (dose 2)	6,91	a	6,62	a	167,67	c	216,67	c	2,29	a
H1 (dose 1)	6,95	a	6,59	a	57,67	e	90,33	g	1,61	e
H2 (dose 2)	6,91	a	6,51	b	59,00	e	86,33	g	1,62	e
M1 (dose 1)	6,94	a	6,50	b	71,67	e	229,67	c	2,35	a
M2 (dose 2)	7,00	a	6,44	b	53,00	e	83,00	g	1,86	d
C1 + F	6,79	b	6,45	b	158,33	c	252,00	c	1,97	c
C2 + F	6,73	b	6,47	b	226,00	a	364,00	a	2,17	b
H1 + F	6,74	b	6,36	c	139,67	d	190,67	d	1,85	d
H2 + F	6,72	b	6,26	d	181,67	b	314,33	b	2,34	a
M1 + F	6,85	a	6,28	d	136,67	d	153,33	e	1,97	c
M2 + F	6,84	a	6,33	d	142,00	d	156,67	e	1,94	c
<b>Média</b>	6,82		6,44		123,95		184,12		1,97	
<b>C.V. (%)</b>	1,12		0,79		12,92		10,83		2,11	

- Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade; (ns = não significativo).

O pH (H<sub>2</sub>O) das amostras aproximou-se da neutralidade e apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, onde os valores mais elevados foram nos tratamentos M2 (7,0), H1 (6,95), M1 (6,94), C2 e H2 (6,91), C1 e M1+F (6,85), M2+F (6,84). Os tratamentos T e NPK registraram menor valor (6,66). O pH determinado através do método de cloreto de potássio apresentou valores mais baixos, mas com uma variação entre tratamentos, semelhante ao verificado para pH (H<sub>2</sub>O).

O pH é um parâmetro bastante importante, sendo responsável pela acidez ou alcalinidade do solo. A grande maioria das espécies vegetais responde positivamente em um pH cujos valores variam entre 5,5 a 7,0 (Lierop, 1990). Quando o solo apresenta acidez muito elevada isso pode representar

um problema para a cultura, devido à redução na disponibilidade de nutrientes como cálcio e fósforo, além do aumento na solubilidade de alumínio que pode ser tóxico (Arrobas & Moutinho-Pereira, 2009). A oliveira consegue se adaptar a diferentes valores de pH, embora o seu nível ótimo se situe próximo da neutralidade ( $\text{pH} \pm 6,5$ ) (Alcobia & Ribeiro, 2001; Freeman & Carlson, 2005).

A utilização de fertilizantes preparados a partir de resíduos orgânicos pode ser responsável também pela introdução de metais pesados ao solo, aumentando o risco da presença destes (em quantidades consideradas tóxicas) na solução do solo e prejudicando o desenvolvimento vegetal. Por esse motivo se dá a importância de manter os valores de pH próximos da neutralidade, que além de contribuírem para o aumento da disponibilidade de fósforo e outros nutrientes, promovem o desenvolvimento do sistema radicular (Rodrigues & Correia, 2009). Todos os tratamentos avaliados no presente estudo apresentaram parâmetros de acidez adequados para a oliveira, já que os solos estão com  $\text{pH-H}_2\text{O}$  e KCl superiores a 5,5.

Quanto aos níveis de fósforo e potássio presentes no solo, houve aumento muito significativo em suas quantidades, observados no tratamento com composto C2+F que atingiu  $226 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$  e  $364 \text{ mg K}_2\text{O kg}^{-1}$ . As leonardites H1, H2, M1 e M2 apresentaram os valores mais baixos. Isso pode ser devido ao composto apresentar fósforo e potássio em sua composição, além da sua combinação com a adubação com NPK.

Resultados semelhantes foram vistos em um estudo realizado por Maher et al. (2000), onde ao analisarem resíduos de cogumelos como composto orgânico, observaram-se que esse resíduo é uma fonte muito eficaz de fósforo e potássio. Em seus estudos, Carvalho (2013) também encontrou resultado semelhante no aumento de fósforo no solo, quando analisou o comportamento da oliveira após adubação organomineral.

Em relação a quantidade de matéria orgânica, as amostras apresentaram valores baixos, porém observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos. De acordo com Alcobia & Ribeiro (2001), o objetivo no fornecimento de matéria orgânica não é apenas para aumentar a disponibilidade de nutrientes necessários à oliveira, mas também para promover melhorias no solo (estrutura, aumento da capacidade de troca

catiônica, capacidade de retenção de água, formação do complexo argilo-húmico etc.).

Segundo Herrero (2004), se a matéria orgânica tivesse como função única e exclusiva o fornecimento de nutrientes ao solo, esta teria pouco interesse, uma vez que a aplicação de fertilizante mineral atua neste quesito com maior rapidez. A atividade da matéria orgânica na complexidade do solo desempenha um papel chave melhorando suas propriedades físicas além de regular e estimular a nutrição mineral.

Neste estudo foram observados aumentos significativos no teor de matéria orgânica após aplicação dos tratamentos fertilizantes, onde os maiores valores foram registrados em M1, H2+F e C2. Essa melhoria no teor de matéria orgânica é semelhante à observada por Carvalho (2013) ao analisar o comportamento de oliveiras após fertilização organomineral. Maher et al. (2000), em seu experimento com resíduos de cogumelos como condicionador do solo, observaram aumentos no teor de matéria orgânica além de melhorias na estrutura do solo.

Na tabela 5 são apresentados os valores dos cátions trocáveis ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ) e da acidez de troca e capacidade de troca catiónica efetiva. Os valores de cálcio e magnésio de troca, bem como a capacidade de troca catiónica efetiva não apresentaram valores significativos entre os tratamentos. O teor de potássio alcançou maior concentração nos tratamentos C2+F e H2+F. Com exceção dos tratamentos C1+F, M1+F e C2 os restantes tratamentos não apresentaram valores significativamente diferentes de T.

Para o sódio os tratamentos que apresentaram os maiores teores foram C2 com  $0,69 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e C2+F com  $0,66 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Os tratamentos C1+F com  $0,61 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e C1 com  $0,57 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  apresentaram um valor médio.

Quanto a acidez de troca apenas o tratamento C2 com  $0,20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  diferiu estatisticamente dos demais.

**Tabela 5.** Análise ao complexo de troca do cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), acidez de troca (AT) e capacidade de troca efetiva (CTCe) presentes nas amostras de solos em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK).

Tratamento	$\text{Ca}^{++}$		$\text{Mg}^{++}$		$\text{K}^+$		$\text{Na}^+$		AT	CTCe		
	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>											
T	8,79	ns	5,82	ns	0,26	c	0,37	c	0,10	b	15,34	ns
NPK	9,38		6,28		0,28	c	0,39	c	0,10	b	16,44	
C1 (dose 1)	9,29		6,16		0,38	c	0,57	b	0,10	b	16,51	
C2 (dose 2)	8,45		5,26		0,49	b	0,69	a	0,20	a	15,10	
H1 (dose 1)	8,37		5,09		0,20	c	0,33	c	0,13	b	14,12	
H2 (dose 2)	7,80		4,22		0,19	c	0,33	c	0,10	b	12,65	
M1 (dose 1)	8,33		5,39		0,39	c	0,38	c	0,13	b	14,63	
M2 (dose 2)	10,25		6,98		0,19	c	0,34	c	0,10	b	17,86	
C1 + F	9,28		6,64		0,62	b	0,60	b	0,10	b	17,23	
C2 + F	8,51		5,96		0,84	a	0,66	a	0,10	b	16,08	
H1 + F	7,93		4,94		0,44	c	0,42	c	0,13	b	13,86	
H2 + F	8,61		5,60		0,80	a	0,40	c	0,13	b	15,55	
M1 + F	8,95		5,85		0,53	b	0,40	c	0,10	b	15,83	
M2 + F	7,83		5,49		0,31	c	0,40	c	0,10	b	14,12	
<b>Média</b>	8,70		5,69		0,42		0,45		0,12		15,38	
<b>C.V. (%)</b>	13,32		19,27		34,08		9,88		26,45		15,45	

\* Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade; (ns = não significativo).

Esses resultados são semelhantes aos observados por Garmus (2018), após avaliar a resposta da oliveira a aplicação de condicionadores do solo e fertilização orgânica, que também observou aumento nos teores desses nutrientes. Em relação à acidez total, apenas o tratamento C2 apresentou diferença estatística. No entanto, este obteve o valor mais altos para a acidez total. Esses resultados diferiram dos vistos por Garmus (2018), onde não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Na tabela 6 apresentam-se os teores de micronutrientes nas amostras de solo. O manganês não apresentou valor significativo entre os tratamentos. O boro apresentou os valores mais elevados nos tratamentos M1+F com 1,14 mg kg<sup>-1</sup>, M1 e H2+F com 1,09 mg kg<sup>-1</sup>, C1+F com 1,03 mg kg<sup>-1</sup> e C2 com 0,97 mg kg<sup>-1</sup>.

Para o ferro, os tratamentos que apresentaram as maiores concentrações foram H2+F com 129,32 mg kg<sup>-1</sup>, C2 com 120,47 mg kg<sup>-1</sup>, C1

com 116,18 mg kg<sup>-1</sup>, T com 115,93 mg kg<sup>-1</sup>, M1 com 113,52 mg kg<sup>-1</sup>, M1+F com 110,55 mg kg<sup>-1</sup> e NPK com 109,21 mg kg<sup>-1</sup>.

O zinco registrou maior concentração no tratamento H2+F com 6,69 mg kg<sup>-1</sup> e valores mais baixos nos tratamentos H1 com 3,19 mg kg<sup>-1</sup>, H2 com 3,07 mg kg<sup>-1</sup> e M2 com 2,99 mg kg<sup>-1</sup>.

O teor de cobre alcançou a maior concentração no tratamento H2+F com 65,10 mg kg<sup>-1</sup>. Os tratamentos M1 com 51,46 mg kg<sup>-1</sup>, T com 49,82 mg kg<sup>-1</sup>, M1+F com 46,04 mg kg<sup>-1</sup>, C1 com 45,73 mg kg<sup>-1</sup> e H1+F com 40,97 mg kg<sup>-1</sup> apresentaram um valor médio.

**Tabela 6.** Concentração de micronutrientes boro, ferro, zinco, cobre e manganês presentes nas amostras de solo em função dos tratamentos fertilizantes: T-testemunha, Fertilizante mineral NPK (5 g/vaso), Composto C1 (35,7 g/vaso), Composto C2 (71,4 g/vaso), Condicionador H1 (1,75 g/vaso), Condicionador H2 (3,57 g/vaso), Condicionador M1 (0,18 g/vaso), Condicionador M2 (0,36 g/vaso), Composto C1+F (35,7 g + 5 g de adubo composto NPK), Composto C2+F (71,4 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H1+F (1,74 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador H2+F (3,57 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M1+F (0,18 g + 5 g de adubo composto NPK), Condicionador M2+F (0,36 g + 5 g de adubo composto NPK).

Tratamento	Boro		Ferro		Zinco mg kg <sup>-1</sup>		Cobre		Manganês	
	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra	ns	
T	0,86	b	115,93	a	3,85	b	49,82	b	168,77	ns
NPK	0,69	b	109,21	a	3,78	b	30,93	c	156,88	
C1 (dose 1)	0,81	b	116,18	a	3,98	b	45,73	b	175,83	
C2 (dose 2)	0,97	a	120,47	a	4,23	b	29,39	c	167,65	
H1 (dose 1)	0,61	b	101,31	b	3,19	c	25,56	c	167,44	
H2 (dose 2)	0,71	b	99,56	b	3,07	c	27,09	c	161,30	
M1 (dose 1)	1,09	a	113,52	a	4,30	b	51,46	b	180,46	
M2 (dose 2)	0,60	b	89,12	b	2,99	c	29,90	c	151,18	
C1 + F	1,03	a	104,53	b	3,88	b	32,15	c	151,18	
C2 + F	0,87	b	102,66	b	4,08	b	28,56	c	158,80	
H1 + F	0,81	b	100,14	b	4,36	b	40,97	b	160,16	
H2 + F	1,09	a	129,32	a	6,69	a	65,10	a	185,99	
M1 + F	1,14	a	110,55	a	4,91	b	46,04	b	167,58	
M2 + F	0,69	b	94,07	b	3,87	b	33,39	c	158,11	
<b>Média</b>	0,86		107,61		4,08		38,29		165,10	
<b>C.V (%)</b>	17,15		10,81		14,29		22,52		8,87	

\* Valores com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade; (ns = não significativo).

Para a concentração de micronutrientes, apenas o manganês não apresentou diferenças significativas entre tratamentos. Szczepanek e Wilczewski (2011) afirmam que as substâncias húmicas exercem influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Segundo Russo e Berlyn (1990) a aplicação dessas substâncias melhora a atividade de microrganismos benéficos do solo e aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo. As

substâncias húmicas quando aplicadas no solo afetam positivamente sua estrutura e as populações microbianas ali presentes. Já a resposta da planta vai depender tanto da fonte de húmus como da composição química relacionada a ela (Muscolo et al. 2007).

## 5 Conclusão

Os resultados alcançados forneceram informações relevantes para a cultura da oliveira e sobre o efeito da leonardite nas propriedades químicas do solo (dados obtidos mostraram melhorias do pH, matéria orgânica, teores de macroe micronutrientes) e no crescimento de plantas.

Em relação as plantas, o composto tanto isolado como a sua combinação com fertilizante mineral e a leonardite M proporcionaram as maiores produções de matéria seca na raiz. Já para a absorção de macro e micronutrientes, foram maiores quando utilizado o composto isolado e combinado ao fertilizante mineral, além da leonardite H e M tanto isoladas quanto combinadas a fertilização mineral.

Em relação as propriedades do solo, o uso da leonardite e de composto orgânico melhoram as propriedades químicas do solo e a disponibilidade de nutrientes, sendo que o composto e as leonardites H e M em ambas as doses apresentaram os maiores valores de pH. O composto combinado com fertilização mineral foi o tratamento que proporcionou os maiores valores de fósforo e potássio no solo. Os maiores teores de matéria orgânica foram proporcionados pelos tratamentos composto, leonardite M e leonardite H combinada com fertilização mineral.

Os resultados obtidos permitem concluir que a leonardite pode ser uma fonte alternativa de nutrientes para a oliveira. Os resultados também parecem mostrar a necessidade de mais estudos para avaliar mais os efeitos de leonardite na cultura da oliveira e seu uso na agricultura.

## 6 Referências

Adani, F.; Genevini, P.; Zaccheo, P.; Zocchi, G. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. v. 21, p. 561-575. 1998.

Aemet, I. Atlas Climático Ibérico—Temperatura do ar e Precipitação (1971-2000). Agencia Estatal de Meteorologia, Ministério de Médio Ambiente y Medio Rural y Marino e Instituto de Meteorologia de Portugal, p. 978-984. 2011.

Aguiar, N. O.; Canellas, L. P.; Dobbss, L. B.; Zandonadi, D. B.; Olivares, F. L. Distribuição de massa molecular de ácidos húmicos e promoção do crescimento radicular. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1613-1623. 2009.

Agustí, M. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 493, p. 347-361. 2004.

Albin, A.; Villamil, J. Aceite de oli Aceite de oliva: tradicional sabor va: mediterráneo, rejuvenecido en tierras Uruguayas. Montevideo: Editora de Vecho, p. 25-28. 2003.

Alcobia, M. D.; Ribeiro, J. R. Manual do Olival em Agricultura Biológica. 1ª Edição. Edição Terra Sã, Alijó, 111p. 2001.

Alef, K.; Nannipieri, P.; Trasar-Cepeda, C. Phosphatase activity. In: Alef, K., Nannipieri, P. (Eds). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press. p. 335-344. 1995.

Almeida, B. G. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo. Dissertação (Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). Piracicaba, São Paulo. 103p. 2008.

Alonso, A. M.; Guzman, G. I. La Fertilizacion en Olivar Ecologico. In Manual de Olivicultura Ecológica. Proyecto Equal-Adaptagro. Instituto de Sociologia y Estudios Campesinos, Universidade de Cordoba, Cordoba. 2004.

Alves, B. J. R. et al. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.41, n.3, p.449-456. 2006.

Arrobas, M.; Pereira, J.M. Fertilização do Olival. In: Manual da safra e contra safra do olival. Rodrigues, M.Â.; Correia, C.M. Bragança – Instituto Politécnico. p. 111. 2009.

Arrobas, M.; Rodrigues, M.Â. Capítulo 7: Fertilização. Amendoeira: Estado de Produção. In: Frutos Secos: da Produção a Comercialização. Bragança: CNCFS. p. 232-274. 2017.

Atiyeh, R.M.; Lee, S.; Edwards, C.A.; Arancon, N.Q. & Metzger, J.D. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology, v.84, p. 7-14, August. 2002.

Ayuso, M.; Hernandez, T.; Garcia, C.; Pascual, J.A. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. Bioresource Technology, v. 57, p. 251-257, September. 1996.

Balbino, L. R. La méthode Egner-Riehm et la détermination du phosfore et du potassium «assimilável» des sols du Portugal. II Col. Mediterrânico Contrl. Fert. Plantas Cultivadas, p. 55–65. 1968.

Baldotto, L. E. B.; Baldotto, M. A.; Giro, V. B.; Canellas, L. P.; Olivares, F. L.; Bressan-Smith, R. Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimatação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, n.4, p. 979-990. 2009.

Baldotto, L. E. B.; Baldotto, M. A.; Soares, R.; Rezende, M. H. E.; Prieto, V. V. H. A. Adventitious rooting in cuttings of croton and hibiscus in response to indolbutyric acid and humic acid. *Revista Ceres*, v.59, n.4, p.476-483. 2012.

Bandino, G.; Dettori, S. *Manuale di olivicoltura*. Sardegna. Consorzio Interprovinciale per la Frutticoltura di Cagliari, Oristano e Nuoro. 2007.

Barcelar, E.; Gonçalves, B.; Pereira, J. M.; Correia, C. Botânica e morfologia da oliveira. In: Rodrigues, M. A. R.; Correia, C. M. *Manual da safra e contra safra do olival*. Bragança: Instituto Politécnico, p. 10-17. 2009.

Barranco, D.; Fernandez-Escobar, R.; Rallo, L. *El cultivo del olivo*. 2ª edição. Madrid. Mundi-Prensa. 1999.

Barranco, D.; Rallo, L. *Las variedades de olivo cultivadas em Andalucia*. Junta de Andalucia, Madrid. Ministério de Agricultura. 1984.

Barros, J. F. C. *Fertilidade do solo e Nutrição das plantas*. Universidade de Évora, Escola de Ciencias e Tecnologia Departamento de Fitotecnia. Évora, 2020.

Bartolini, G.; Petruccelli, R. *Classification, origin, diffusion and history of the olive*. FAO, Roma, 1ª edição, 74 p. 2002.

Beauclair, E. G. F.; Otaviano, J. A.; Malfato, C. A. *Condicionador orgânico de solo no incremento da produtividade da cana-de-açúcar*. Ribeirão Preto: Idea News. 2007.

Boisson, J.; Ruttens, A.; Mench, M.; Vangronsveld, J. Evaluation of hydroxiapatite as a metal immobilizing soil additive for the remediation of polluted soils. Part 1. Influence of hydroxyapatite on metal exchangeability in soil, plant growth and plant metal accumulation. *Environmental Pollution*, p. 225-233, n.104, 1999.

Borkert, C. M.; Castro, C.; Oliveira, F. A.; Klepker, D.; Junior Oliveira, A. E. Potássio – Absorção, transporte e redistribuição na planta. In: Yamada, T.; Roberts, T. L. Ed. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 179 – 238, n. 5, 2005.

Bremner, J. M. Nitrogen-Total. In D. I. et al Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 3 - Chemical Methods, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1st ed. p.1085-1122. 1996.

Bronick, C.J.; Lal, R. Soil structure and management: a review. Geoderma, v.124, p.3-22. 2005.

Brown, S.; Christensen, B.; Lombi, E.; Mclaughlin, M.; Mcgrath, S.; Colpaert, J. & Vangronveld, J. An inter-laboratory study to test the ability of amendments to reduce the availability of Cd, Pb, and Zn in situ. Environmental Pollution, p. 34-45, n.138. 2005.

Caires, E. F.; Blum, J.; Barth, G.; Garbuio, F. J.; Kusman, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286. March, 2003.

Caires, E.F.; Garbuio, F.J.; Alleoni, L.R.F. & Cambri, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30:, n. 1, p. 87-98. January, 2006.

Canellas, L. P. Humic and Fulvic acids as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae. v. 196. p. 15-27. 2015.

Canellas, L. P.; Martinez, B. D.; Médici, L. O.; Aguiar, N. O.; Capostrini, E.; Rosa, R. C.; Façanha, A.; Olivares, F. L. A combination of humic substances and *Herbaspirillum seropedicae* inoculation enhances the growth of maize (*Zea mays* L.). Plant and Soil. v.66, p.119-132. 2012.

Canellas, L. P.; Teixeira Junior, L. R. L.; Dobbss, L. B.; Silva, C. A.; Médici, L. O.; Zandonadi, D. B.; Façanha, A. R. Humic acids crossinteractions with root and organic acids. *Annals of Applied Biology*, v. 153, n.3, p.157-166. 2008.

Canellas, L.P. & Santos, G.A. (eds.) *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. Campos dos Goytacazes. v.1. p. 238-239. 2005.

Canellas, L.P.; Olivares, F.L.; Okorokova-Façanha, A.L. & Façanha, A.R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology*, v. 130 n. 4, p. 1951-1957, December, 2002.

Cardoso, E. G.; Zotarelli, L.; Piccinin, J. L.; Torres, E.; Saraiva, O. F.; Guimarães, M. F. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.41, n.3, p.493-501, March, 2006.

Caron, V. C.; Graças, J. P.; Castro, P. R. C. *Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Divisão de Biblioteca, 46 p. : il. (Série Produtor Rural, nº 58). 2015.

Carvalho, R. P. *Características do solo e comportamento nutricional de oliveiras pela fertilização organomineral*. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em produção vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, UFVJM, 54 p. 2013.

Cavallaro Júnior, M. L.; Trani, P. E.; Passos, F. A.; Kuhn Neto, J.; Tivelli, S. W. Produtividade de rúcula e tomate em função da adubação N e P orgânica e mineral. *Revista Bragantia*, v.68, n.2, p. 347-356. 2009.

Chatzistathis, T.; Therios, I.; Alifragis, D. Differential Uptake, Distribution within Tissues, and Use Efficiency of Manganese, Iron, and Zinc by Olive Cultivars Kothreiki and Koroneiki. *HortScience*, v. 44, n. 7, pg. 1994–1999. 2009.

Chen, Y.; Aviad, T. Effects of humic substances on plant growth. In: *Humic substances in soil and crop science; Selected Readings*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, p. 161- 186. 1990.

Chen, Y.; Aviad, T. Effects of Humic Substances on Plant Growth. In *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings* (eds P. MacCarthy, C.E. Clapp, R.L. Malcolm and P.R. Bloom). January, 1990.

Cieschi, M. T.; Caballero-Molada, M.; Menéndez, N.; Naranjo, M. A.; Lucena, J. J. Long-term effect of a leonardite iron humate improving Fe nutrition as revealed in silico, in vivo, and in field experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* v.65, p.6554-6563. 2017.

Civantos, L. La olivicultura en el mundo y en España. In: Barranco, D.; Fernandez-Escobar, R.; Rallo, L. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía e Ed. Mundi-Prensa, Madrid, v. 6, p. 17-36. 2008.

Civantos, L. La olivicultura en el mundo y en España. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía e Ed. Mundi-Prensa, Madrid, v. 2, p.17-33. 1998.

Corrêa, J.; Büll, L.; Crusciol, C.; Tecchio, M. Aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.9, p.1209-1219, September, 2008.

Coutinho, E. F.; Ribeiro, F. C.; Cappellaro, T. H. (Ed.). *Cultivo de Oliveira (Olea europaea L.)* / Enilton Fick Coutinho, Fabrício Carlotto Ribeiro, Thaís Helena Cappellaro — Pelotas: Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção 16, v. 1, 125 p. December, 2009.

Coutinho, E.F.; Wrege, M.S.; Reisser Júnior, C.; Almeida, i.r. de; Steinmetz, S. Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.): clima. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção 16, v.1, 125 p. December, 2009.

Coutinho, M. P. "A Tapa da Ajuda – Tapada Real a Parque Botânico", n°3, Lisboa, 1956.

Cronquist, A. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York, 248-250. 1981.

Cunha, T. J.; Mendes, A. M. S.; Giongo, V. Recurso Solo – propriedades e usos. Ramom Rachide Nunes e Maria Olímpia Oliveira Rezende (organizadores). – v. 1, Cap. 9 - Matéria orgânica do solo. p. 273 – 293. Ediroa Cubo, São Carlos - São Paulo, Brasil. 2015.

Dalla Nora, D. D. Gesso: alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, v. 133, n. 1, p. 8-20. 2013.

Dantas, A. M. Materiais orgânicos e produção de alface americana. Dissertação (Monografia TCC - Universidade de Brasília-UnB), Brasília, 38 f. 2011.

David, P. P.; Nelson, P. V.; Sanders, D. C. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. Journal of Plant Nutrition., v.17, p.173-184. 1994.

Dias, J. C. S. (s/data). Código das Boas Práticas Agrícolas, Laboratorio Quimico Agricola Rebelo da Silva.

Dias, V.P.; Fernandes, E. Fertilizantes: uma visão global sintética. BNDES Setorial, n. 24, p. 97-138, September. 2006.

Dick, D. P.; Novotny, E. H.; Dieckow, J.; Bayer, C. Química da matéria orgânica do solo. (Ed.). Química e mineralogia do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de

Ciência do Solo, Parte II. Eds. Melo, V de F. & Alleoni, R. F. Viçosa. p. 1–67. 2009.

Ece, A.; Saltali, K.; Eryigit, N.; Uysal, F. The effects of leonardite applications on climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield and the some soil properties. *Agronomy Journal*, v.6, p. 480-483. 2007.

El-Hady, O. A.; Hanna, A. H.; Kattab, M. M. Interaction of organic manures and bitumen emulsion on a sandy soil and the growth response on nutrient levels in the olive leaves. *Egyptian Journal of Soil Science*, v. 31, p. 65-88. 1991.

El-Jendoubi, H.; Abadía, J.; Abadía, A. Assessment of nutrient removal in bearing peach trees (*Prunus persica* L. Batsch) based on whole tree analysis. *Plant and Soil*, v. 369, p. 421–437. August, 2013.

El-Morshedy, F. A. Organic manure and sulphur interaction influence vegetative growth and element concentration of sour orange seedlings. *Journal of Agricultural Science., Mansoura Univ.*, v, 22, p. 4599-4614. 1997.

Embrapa, 2008. Sistemas de Produção 13. Tecnologias de produção de soja – Região central do Brasil 2009 e 2010. ISSN 1677-8499. October, 2008.

Embrapa, 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Livro técnico (CNPS). SPI, 5. Ed. Rev. 357p.

Erkoc, I. Effects of Sulphur and Leonardit on Phosphor Efficiency in Greenhouse Grown Tomato. Dissertação (Mestrado) - Institute of Natural and Applied Sciences Universty of Cukurova. p. 127. 2009.

Estatísticas Agrícolas, 2018. Produção vegetal. Ed. 2018. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 170 p.

Fagbenro, J. A.; Agboole, A. A. Effect of different levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, v.16, p.1465-1483. 1993.

FAO. *Estatísticas mundiais do cultivo de oliveira*. FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations. 2018.

FAOSTAT. *Área cultivada de oliveira por país*. FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations. 2018

Farzaneh, M.; Vierheilig, H.; Lössl, A.; Kaull, H. P. Arbuscular mycorrhiza enhances nutrient uptake in chickpea. *Plant, Soil and Environment*, v. 57 (10), p. 465–470. 2011.

Fascella, G.; Montoneri, E.; Ginepro, M.; Francavilla, M. Effect of urban biowaste derived soluble substances on growth, photosynthesis and ornamental value of *Euphorbia x lomi*. *Scientia Horticulturae*, v.197, p.90-98. 2015.

Fernandes, G. M. *Caracterização morfológica e genética de cultivares de oliveiras centenárias e tradicionais para a obtenção de produtos diferenciados*. Dissertação (Mestrado). Instituto Politécnico de Bragança. Portugal 135 p. 2014.

Fernandes, R. A matéria orgânica do solo. *Vida Rural*, n. 1817, p. 24-28. 2016.  
Fernández-Escobar, R. Fertilización. In: *El Cultivo del Olivo*. Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. 7ª edición. p. 994. 2017.

Fernández-Escobar, R.; Beltrán, G.; Sanchés-Zamora, M. A.; García-Novelo, J.; Aguilera, M. P.; Uceda, M. Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. *HortScience*, v.41, n.1, p. 215-219. 2006.

Fernández-Escobar, R.; Benlloch, M.; Barranco, D.; Dueñas, A.; Gutiérrez J. A.; Gañán. Response of olive trees to foliar application of humic substances extracted from leonardite. *Scientia Horticulturae*,v. 66, p.191-200. 1996.

Fernández-Escobar, R.; Sánchez-Zamora, M. A.; García-Novelo, J. M.; Molina-Soria, C. Nutrient Removal from Olive Trees by Fruit Yield and Pruning. *HortScience*, v. 50, n. 3, p. 474 - 478. 2015.

Freeman, M; Carlson, R. M. Mineral nutrient availability. In: Olive production manual. Sibbet, G.S; Ferguson, L. eds. University of California. v. 2, p. 175. 2005.

Furlani, A. M. C. Nutrição mineral. In: Kerbauy, G. B. Ed. *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro, v.1, p. 452. 2004.

Galán, C.; García-Mozo, H.; Cariñanos, P.; Alcázar, P.; Domínguez-Vilches, E. The role of temperature in the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in southwestern Spain. *International Journal of Biometeorology*, v. 45, n.1, p. 8-12, 2001.

García-Mozo, H.; Mestre, A.; Galán, C. Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 150, p. 575-580. 2010.

Garmus, T. G. Resposta da oliveira à aplicação de biochar e fertilização orgânica. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) Escola Superior Agrária de Bragança. Bragança, IPB, 70 p. 2018.

Gomes, J. M. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K. Viçosa, Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. p.126. 2001.

Gomes, J. M.; Silva, A. R. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: Barbosa, J. G.; Prieto Martinez, H. E.; Pedrosa, M. W.; Sediyaama, M. A. N. (Eds.). *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. (Eds.). In: *anais Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa, Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa (UFV). p.190-225. 2004.

Gonçalves, A.; Ribeiro, A. C.; Maia, F., Feliciano, M. Clima Urbano de Bragança. Bragança: Editora: Instituto Politécnico de Bragança. 2014.

Gouveia, J. A oliveira e o azeite na História. In: Gouveia, J.; Saldanha, J.; Martins, A.; Modesto, M.; Sobral, V. O azeite em Portugal. Ed. Inapa, Lisboa, 1ª edição, p. 15-23. 2002.

Gregoriou, C.; Ibrahem, A. A.; Boulouha, B.; El-Kholy, M.; Ksantini, M.; Serafids, N. & Shdiefat, S. Olive Gap Manual. Good agricultural practices for the near east & north Africa countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Regional office for the near east. Cairo. p. 260. 2010.

Guerrero, A. Nueva Olivicultura. 5ª ed. Mundi-Prensa Libros. Madrid, 304p, 2003.

Gutiérrez, C. J. L.; González C. C.; Segura, M. A. C.; Sánchez, I. C.; Orozco, J. A.; Fortis, M. H. Efecto de ácidos húmicos de Leonardita en la estabilidad de agregados del suelo y raíces de melón en condiciones de invernadero. Revista Internacional de Botánica Experimental, v. 84, p. 298-305. 2015.

Haggag, L. F; Merwad M. A.; Shahin M. F. M.; Fouad, A. Effect of NPK and bio-fertilizers as soil application on promoting growth of "Toffahi" olive seedlings under greenhouse condition. Journal of Agricultural Technology. v.10, cap 6, p.1607-1617, 2014.

Halpern, M.; Bar-tal, A.; Ofek, M.; Minz, D.; Muller, T.; Yermiyahu U. The use of biostimulants for enchancing nutriente uptake. Advances in Agronomy. v.130, p.141-174. 2014.

Hamon, R. E.; Mclauchlin, M. J.; Cozens, G. Mechanisms of attenuation of metal availability in situ remediation treatments. Environmental Science & Technology. v. 36, n.18, p. 3991- 3996. 2002.

Helail, B. M.; Gobran Y. N.; Moustafa, M. H. Study on the effect of organic manure source, method of organic manure application and biofertilizers on 1-tree growth and leaf mineral content of Washington navel orange trees. *Egyptian Journal of Soil Science*, v. 18, p.297-320. 2003.

Herrero, M. R. Balance de Macronutrientes y Materia Orgánica en el Suelo de Agrosistemas Hortícolas con Manejo Integrado Ecológico. Departamento de Recursos Naturales. Universitat de Valencia. 2004.

Heywood, V. H. *Flowering Plants of the World*. Oxford Univ. Press, Oxford, UK. 1978.

IBGE. Manuais técnicos em geociências - Manual Técnico de Pedologia, 2º edição. IBGE, Rio de Janeiro, Brasil. 2007.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada- IPEA. Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas. Relatório de pesquisa. Brasília, 134 p. 2012.

Jenny, H. *Factors of soil formation. A System of Quantitative Pedology*. Dover Publications, New York, 281 p. USA. 1941.

Jones Jr, J. B. *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis* (1st ed.). London, New York, Washington Dc: Crc Press Llc. 2001.

Kaya, C.; Şenbayram, M.; Akram, N. A.; Ashraf, M.; Alyemeni, M. N.; Ahmad, P. Sulfur-enriched leonardite and humic acid soil amendments enhance tolerance to drought and phosphorus deficiency stress in maize (*Zea mays* L.). *Scientific Reports*; v. 10, n. 6432. 2020.

Keren, R. Boron. In *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods- SSSA*. Book series nº 5. 1996.

Kiehl, J.E. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 4 ed. Piracicaba: Editora Degaspari, p. 173. 2004.

Lakanen, E.; Ervio, R. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agralia Fennica*, n.123, p. 223-232. 1971.

Larcher, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 531p. 2000.

Lavee, S. *Biología y fisiología del olivo*. In: COI (Conselho Oleícola Internacional). *Enciclopedia mundial del olivo*. COI, Madrid, v. 1, p. 60-110. 1996.

Lee, Y.S. and Bartlett, R.J. Stimulation of plant growth by humic substances. *Soil Science Society of America Journal*, v.40, p.876-879. 1976.

Lehmann, J. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 5, p. 381–387. 2007.

Lepsch, I. F. *Formação e conservação dos solos*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2010.

Lierop, W. Van. Soil pH and lime requirement determination. In Westerman, R. L. (Ed.), *sssa book series: 3 soil testing and plant analysis*. Madison, EUA: Soil Science Society of America, v. 3, p. 73–120. 1990.

Lima, L. B. *Desempenho agrônômico da soja, fertilidade e dinâmica da matéria orgânica em solo sob aplicação de biochar no cerrado brasileiro*. Dissertação (Pós-graduação em Agronomi). Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás – Brasil. p. 78. 2014.

Loussert, R.; Brousse, G. *El olivo*, Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 533 p. 1980.

Lucena, B.; Mendez, M. A. La olivicultura en el mundo y España. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (Ed) - El cultivo del olivo. 7 ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, p. 4-32. 2017.

Maher, M.J.; Magette, W.L.; Smyth, S.; Duggan, J.; Dodd, V.A.; Hennerty, M.J.; McCabe, T. Managing Spent Mushroom Compost. Teagasc, v. 19. p. 34. 2000.  
Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, p. 638. 2006.

Malheiros, S. M. P.; Paula Júnior, D. R. Utilização do processo de compostagem com resíduos agroindustriais. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, p. 26. 1997.

Marenco, A. R.; Lopes, N. F. Fisiologia vegetal 3º edição. Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Editora: Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais – Brasil, 397 p. 2005.

Martins, F. B.; Reis, D. da; Pinheiro, M. V. M. Temperatura base e filocrono para duas cultivares de oliveira. Ciência Rural, v. 42, p. 1975-1981. 2012.

Melo, S. L. Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de São Domingos – Bahia– Salvador. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Universidade Federal da Bahia. Salvador, Bahia – Brasil. 2014.

Melo-Abreu, J. P.; Barranco, D.; Cordeiro, A. M.; Tous, J.; Rogado, B. M.; Vilalobos, F. J. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. Agricultural and Forest Meteorology, v. 125, n. 1-2, p. 117-127, 2004.

Meurer, E. J.; Rhenheimer, D.; Bissani, C. A. Fenômeno de sorção em solos. In: Meurer, J. E. (Ed.). Fundamentos de química do solo. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, p. 131-179. 2004.

Milheiro, A. V. A fertilização da oliveira. Ministério da agricultura, comercio e pescas. nº1 – Olivicultura. 1982.

Monteiro, A. M. A oliveira. Mirandela: João Azevedo Editor, p. 155. 1999.

Moriondo, M.; Ferrise, R.; Trombi, G.; Brilli, L.; Dibari, C.; Bindi, M. Modelling olive trees and grapevines in a changing climate. *Environmental Modelling & Software*, v. 72, p. 387-401. 2015.

Muscolo, A.; Sidari, M.; Attina, E.; Francioso, O.; Tugnoli, V.; Nardi, S. Biological activity of humic substances is related to their chemical structure. *Soil Science Society of America Journal*. v. 71, n. 1, p. 75-85. 2007.

Naika, S.; Jeude, J.V.L.; Goffau, M.; Hilmi, M.; Dam, B.V. A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. Wageningen: Editora Agromisa, p. 99. 2006.

Neis, L. Paulino, H. B.; Souza, E. D.; Reis, E. F.; Pinto, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 409-416. 2010.

Nelson, D. W.; L. E. Sommers. Total carbon, organic carbon and organic matter. In *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods- SSSA. Book series nº 5*. 1996.

Neves, P. C. P. Introdução à mineralogia prática. Canoas: Ed. ULBRA, 336 p. 2008.

Nikbakht, A.; Kakil, M.; Babalar, M.; Xia, Y.P.; Luo, A.; Etemadi, N. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, v. 31, n. 12, p. 2155-2167. 2008.

Nogueira, M. A.; Nehls, U.; Hampp, R.; Poralla, K.; Cardoso, E. J. B. N. Mycorrhiza and soil bacteria influence extractable iron and manganese in soil and uptake by soybean. *Plant and Soil*, v. 298, n. 1–2, p. 273–284. 2007.

NRCS (Natural Resources Conservation Service). *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys* (S. Hrg.). Publisher: Natural Resources Conservation Service, Year: 1999.

Orgaz, F.; Fereres, E. Riego. In: Barranco, D. *Cultivo Del Olivo*. Madrid: Mundi-Prensa, p. 267-288. 1999.

Pacheco, E. T. Estudo do beneficiamento a seco do carvão da mina de Candiota – RS. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 89 p. 2008.

Paiva, A. V.; Poggiani, F.; Gonçalves, J. L. M.; Ferraz, A. V. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. *Scientia Forestalis*. Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 499-511, December. 2009.

Passos, R. R.; Ruiz, H. A.; Mendonça, E. S.; Cantarutti, R. B.; Souza, A. P. Substâncias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um latossolo vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 1, p. 1119-1129. 2007.

Piccinin, J. L.; Espíndola, C. R.; Torres, E. Condições morfoestruturais e estabilidade dos agregados do solo sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. In: *Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água*, 13. Ilhéus. Anais. Ilhéus: Ceplac, Cepec, v.1, p. 246-247. 2000.

Piccolo, A. Humus and soil conservation. In: Piccolo, A. (Ed.), *In humic substances in terrestrial ecosystems*. Amsterdam, Elsevier, p. 225-264. 1996.

Pinheiro, G. L.; Silva, C. A.; Neto, A. E. F. Crescimento e nutrição de clone de eucalipto em resposta à aplicação de concentrações de c-ácido húmico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. vol.34 n.4 Viçosa, July/Aug. 2010.

Pirolí, V. L. B. (2019). Efeito de uma micorriza comercial na biodisponibilidade de nutrientes no solo e crescimento de plantas jovens de oliveira. Tese (Mestrado) – Escola Superior Agrária de Bragança. Bragança, p.82.

Poggiani, F.; Guedes, M. C.; Benedetti, V. Aplicabilidade de lodo de esgoto em plantações florestais: 1- reflexos no ciclo de nutrientes. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Eds.) *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, cap.8, p.163-178, 2000.

Raij, B. V.; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico. 285.p. 2001.

Rallo, L. Fructificación y Producción. In Barranco, D.; Fernandez-Escobar, R.; Rallo, L. *El Cultivo del Olivo*. Mundi-Prensa, Madrid, pp.117-143. 1998.

Rallo, L.; Martín, G. The role of chilling in releasing olive floral buds from dormancy. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 116, p. 1058-1062. 1991.

Rampim, L.; Lana, M. C.; Frandoloso, J. F.; Fontaniva, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1687-1698. 2011.

Rapoport, H. Botánica y morfología. In: Barranco, D., Fernandez-Escobar, R. & Rallo, L. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía e Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 6ª edición, p. 37-62. 2008.

Rapoport, H. F. Botánica y Morfología. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. El cultivo del olivo. 2.ed. Madri: Mundi-Prensa-Junta de Andalucía, 651p. 1998.

Rauthan, B. S.; Schnitzer, M. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumer (*Cucumis satiuus*) plants. Plant Soil, v.63, p. 491-495. 1981.

Reddy, A. S. N. Calcium: silver bullet in signaling. Plant Science, Oxford, v. 160, p. 381-404. 2001.

Reeuwijk, L. P. Van. Procedures Fos Soil Analysis. procedures for soil analysis (6th ed.). Wageningen, NL: Isric, FAO. 2002.

Reis, P. O olival em Portugal dinâmicas, tecnologias e relação com o desenvolvimento rural. (Editora: Animar - Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Local) (1 ed.). Lisboa, Pt: Rainho & Neves, LDA. 2014.

Rodda, M. R. C.; Canellas, L. P.; Façanha, A. R.; Zandonadi, D. B.; Guerra, J. G. M.; Almeida, D. L.; Santos, G. A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. I - Efeito da concentração. Revista Brasileira de Ciência do Solo v. 30, p. 649-656. 2006.

Rodrigues, M. A.; Correia, C. M. Manual da safra e contra safra no olival. Instituto Politécnico de Bragança: Bragança. p.111. 2009.

Rodrigues, M. A.; Ferreira, I. Q.; Claro, A. M.; Arrobas, M. Fertilizer recommendations for olive based upon nutrients removed in crop and pruning. Scientia Horticulturae, v.142, p. 205-211. 2012.

Rosa, M. Efeito da Fertilização azotada na qualidade da flor e no vingamento da azeitona “Blanqueta de Elvas”. Relatório de estágio de Engenharia Agronómica. Universidade técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 79p. 2003.

Rose, M. T.; Patti, A. F.; Little, K. R.; Brown, A. L.; Jackson, W. R.; Cavagnaro, T. R. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. *Advances in Agronomy*, v. 124, p. 3789, 2014.

Russo, R. O.; Berlyn, G. P. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, v. 1, n.2, p. 19-42. 1990.

Saito, B.; Seckler, M. M. Alkaline extraction of humic substances from peat applied to organic-mineral fertilizer production, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v. 31, n. 3, p. 675-682. 2014.

Santos J. F. El contexto de la oli El contexto de la olivicultura, la producción y el vicultura, la producción y el consumo de aceite de oli consumo de aceite de oliva en el mundo. va en el mundo. Tesis Doutoral, va en el mundo. p. 295-319. 2002.

Santos, D. F.; Martins, F. B.; Torres, R. R. Impacts of climate projections on water balance and implications on olive crop in Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 2, p. 77-82. 2017b.

Santos, E. Carbono, nitrogênio e relação c/n em Gleissolo e Cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da floresta ombrófila densa. Antonina, PR. Dissertação (Mestrado: Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 104. 2007.

Sanz-Cortés, F.; Martínez-Calvo, J.; Badenes, M.; Bleihorder, H.; Hack, H.; Llácer, G.; Meier, U. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea* L.). *Association of Applied Biologists*, v. 140, p.151-157. 2002.

Scherer, H. W.; Mengel, K.; Ullmann's Agrochemicals. Fertilizers, vol. 3. WileyVCH Verlag GmbH & Co, KGaA, Weinheim (Chapter 2). 2007.

Schiavon, M.; Pizzeghello, D.; Muscolo, A.; Vaccaro, S.; Francioso, O.; Nardi, S. High molecular size humic substances enhance henylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Chemistry and Ecology*, v. 36, n. 1, p. 662-669,

Seixas, M. A. Efeito da aplicação de leonardite nas propriedades do solo e na produtividade de alface cultivada em vasos. Tese de Mestrado – Instituto Politécnico de Bragança – Bragança, Portugal. 87p. 2020.

Sengik, E. S. Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas. 2003.

Sharif, M.; Riaz, A.; Sarir, M. S. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 33 n. 19-20, p. 3567-3580. 2002.

Silva, A. C.; Canellas, L. P.; Olivares, F. L.; Dobbss, L. B.; Aguiar, N. O.; Frade, D. A. R.; Rezende, C. E.; Peres, L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 2, p.1609-1617. 2011.

Silva, I.R.; Mendonça, E.S. Matéria orgânica no solo. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. H.; Nairam, F. B.; Nairam, L., (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, p. 1017. 2007.

Silva, M. E.; Lemos, L. E.; Bastos, M. M.; Nunes, O. C.; Cunha-Queda, A. C. Recovery of humic-like substances from low quality composts, *Bioresource Technology*, v. 128, p. 624–632. 2013.

Silva, R. M.; Bruno, G. B.; Lima, E. D. P. de A.; Lima, C. A. de A. Efeito de diferentes fontes de matéria orgânica na cultura do tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Agropecuária Técnica*, v.10, n. 1, p.36-47. 1989.

Silva, R. M.; Jablonski, A.; Siewerdt, L.; Silveira Júnior, P. Crescimento da parte aérea e do sistema radicular do milho cultivado em solução nutritiva adicionada

de substâncias húmicas. Revista Brasileira de Agrociencia, v. 5, n.2, p.101-110. May/August. 1999.

Soil survey manual. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture,. cap.1. (Agriculture handbook, n. 430). 1984.

Soratto, R .P.; Crusciol, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, v. 32, p. 675-688. 2008a.

Spagnollo, E. Dinâmica da matéria orgânica em agrossistem submetidos a queima e manejo dos resíduos culturais. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 90. 2004.

Sposito, G. The Chemistry of soils. New York: Oxford University Press. 277.p. 1989.

Starr, F.; Starr, K.; Loope, L. *Olea europaea* subsp. *europaea*. Biological Resources Division, Haleakala Field Station. Maui, Hawaii. United States Geological Survey, p.1. 2003.

Stevenson, F. J.; Humus Chemistry. New York: Wiley. 496p. 1994.

Stipp, S. R.; Casarim, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, Informações Agromicas. v. 129, p. 1-7. 2010.

Szczepanek, M.; Wilczewski, E. Effect of humic substances on germination of Wheat and Barley under laboratory conditions. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura v. 10, n. 1, p. 79-86. 2011.

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia Vegetal. 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 2006.

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 5<sup>o</sup> ed. Porto Alegre: Artmed, 918 p. 2013.

Tanasijevic, L.; Todorovic, M.; Pereira, L. S.; Pizzigalli, C.; Lionello, P. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*, v. 144, p. 54-68, 2014.

Temminghoff, E. E. J. M.; Houba, V. J. G. *Plant Analysis Procedures*. Second Edition. Temminghoff, E.J.M., Houba, V.J. G Eds. Kluwer Academic Publishers. 2004.

Tombesi, A.; Tombesi, S. *Production techniques in olive growing*. International Olive Council. 1<sup>o</sup> edition. Madrid. p. 348. 2007.

Trevisan, S.; Botton, A.; Vaccaro, S.; Vezzaro, A; Quaggiotti, S.; Nardi S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling & Behavior*, v. 5, n. 6, p. 635-643. 2010.

Trevisan, S.; Botton, A.; Vaccaro, S.; Vezzaro, A; Quaggiotti, S.; Nardi S. Humic substances affect Arabidopsis physiology by altering the expression of genes involved in primary metabolism, growth and development. *Environmental and Experimental Botany*, v. 74, n. 1, p. 45-55. 2011.

Vaughan, D.; Malcom, R. E. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: D. Vaughan and R.E. Malcom (Editors), *Soil Organic Matter and Biological Activity*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, p. 37-75. 1985.

Vavilov, N. I. *The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants*. *Chronica Botanica*. 1951.

Vilela, F. J. *Desenvolvimento de um Condicionador de Solos com valor agregado a partir da biomassa de Magonia pubescens*. Dissertação (Doutorado), Universidade de Brasília, Brasília. 2017.

Waksman, S. A. Humus, origin, Chemical Composition and Importance in Nature. Baillière, Tindall and Cox. London. 1936.

Wallau, R. L. R.; Soares, A. P.; Camargos, S. L. Concentração e acúmulo de macronutrientes em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.6, n.1, p.1- 12. 2008.

Wangen, D. R. B.; Mendes, L. F.; Sagata, E.; Silva, H. C.; Shimamoto, G. F. Fertilizante orgânico na produção de couve-da-malásia, *Brassica chinensis* var. *parachinensis* (Bailey) Sinskaja. Enciclopédia Biosfera, v. 9, n. 1, p. 1429-1435. 2013.

Wiesman, Z. Desert olive oil cultivation. In: Advanced Biotechnologies. Elsevier Inc., New York. 2009.

Wolf, B. Communications in soil science and plant analysis improvements in the azomethine - H method for the determination of boron. Communications In Soil Science And Plant Analysis, v. 5, n. 1, p. 37–41. 1974.

Wrege, M. S.; Coutinho, E. F.; Prela-Pantano, A.; Jorge, R. O. Distribuição potencial de oliveiras no Brasil e no mundo. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 37, n. 3, p. 656-666. 2015.

Wrege, M. S.; Coutinho, E. F.; Steinmetz, S.; Reisser Junior, C.; Almeida, I. R. de; Matzenauer, R.; Radin, B. Zoneamento agroclimático para oliveira no Estado do Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2009.

Yamada, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?. Informações Agrônomicas, n. 90. 2000.

Zambrosi, F. C. B.; Alleoni, L. R. F.; Caires, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. Ciência Rural, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 110-117. 2007.

Zandonadi, D. B.; Canellas, L. P.; Façanha, A. R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast  $H^+$  pumps activation. *Planta*. v. 225, p. 1583-1595. 2007.

Zenteno, M. D. C. Condicionadores minerais e orgânicos na imobilização de cádmio em solos. Dissertação (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.