



## Valorização agrícola de subprodutos do olival e do lagar – GO TECOLIVE

Cristina Sempiterno<sup>1\*</sup>, Rui Fernandes<sup>1</sup>, José Peça<sup>2</sup>, António Dias<sup>2</sup>, Anacleto Pinheiro<sup>2</sup>, Jorge Saragoça<sup>2</sup> & Filipe Pedra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIAV, I.P. – Instituto Nacional de investigação Agrária e Veterinária - Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Sistemas Agrários e Florestais e Sanidade Vegetal, Tapada da Ajuda, Apartado 3228, 1301-903 Lisboa, Portugal (

<sup>2</sup>MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & Departamento de Engenharia Rural, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal

\*cristina.sempiterno@iniav.pt

### Resumo

No modelo de economia circular, a valorização agrícola dos subprodutos do olival e da indústria de extração de azeite apresenta-se como uma via privilegiada para o seu escoamento contribuindo, assim, para a resolução deste enorme problema que tanto preocupa as empresas do setor - o dar destino adequado a estes subprodutos - com benefícios agronómicos e ambientais

A produção de composto orgânico, a partir destes e outros subprodutos orgânicos, de modo a atingir um produto com adequado grau de maturação, poderá ser uma solução adequada para a sua valorização agrícola.

Neste estudo, realizado no âmbito do Grupo Operacional “*Técnicas e tecnologia para valorização de subprodutos em olivicultura – TECOLIVE*” - PDR 2020-101-031764, pretendeu-se testar a viabilidade técnica da produção de um composto, na própria exploração e utilizando os recursos existentes, com base em subprodutos do olival e do lagar e efluentes de atividade pecuária. Obtiveram-se produtos estáveis, bem maturados e isentos de elementos patogénicos, prontos a serem utilizados como corretivos orgânicos do solo, permitindo, assim, dar uso a estes subprodutos, minimizando o seu desperdício, com vantagens ambientais e económicas.

**Palavras-chave:** Bagaço, compostagem, corretivo orgânico, estrume, resíduos verdes.

### Abstract

#### **Agricultural valorization of olive grove and olive mill by-products - GO TECOLIVE**

In a circular economy model, the agricultural valorization of by-products from olive grove and olive oil extraction industry is presented as a privileged outflow route, contributing to the resolution of the enormous problem that concerns so much the companies of the sector - to give appropriate destination to these by-products - with advantages from the agronomic and environmental point of view:

The production of organic compost, from these and other organic by-products, in order to achieve a product with an adequate degree of maturation, may be an appropriate solution for their agricultural valorization.

In this study, performed within the framework of the Operational Group “*Techniques and technology for valorization of by-products in olive growing - TECOLIVE*” - PDR 2020-101-031764, the technical feasibility of producing a compost was tested, in the exploration itself and using



existing resources, based on by-products from olive grove, olive pomace and effluents from livestock activities. Stable, well matured and pathogen free products were obtained, ready to be used as organic soil improver, thus allowing these by-products to be used, minimizing their waste, with environmental and economic advantages.

**Keywords:** Composting, manure, green waste, olive pomace, organic soil improvers

### Introdução

O aumento da área nacional de olival (377 mil hectares) e a crescente conversão do olival tradicional em olivais superintensivos, que já ocupam mais de 1/5 da superfície de olival para azeite, proporciona uma cada vez maior disponibilidade de subprodutos resultantes desta cultura (INE, 2021a). Da indústria de extração de azeite resultam também enormes quantidades de subprodutos. Da azeitona, é possível extrair apenas 20% do seu peso em azeite, representando os resíduos uma quantidade 4 vezes superior ao produto de interesse. Atualmente, são processadas mais de 900 mil toneladas de azeitona por campanha, o que dá origem a enormes volumes de subprodutos, que é necessário converter em novos recursos (INE, 2021b).

A valorização dos subprodutos da fileira do olival e do sector do azeite é, assim, uma necessidade que se impõe, quer do ponto de vista ecológico como também económico e social.

A compostagem é uma técnica viável, de baixo custo e que respeita o ambiente, permitindo transformar resíduos e/ou subprodutos orgânicos em corretivos orgânicos, que podem ser utilizados para melhorar a fertilidade do solo. Consiste na decomposição biológica de material orgânico heterogéneo, sob condições controladas, produzindo um material estável, contendo substâncias húmicas, livre de elementos patogénicos e de sementes e propágulos de infestantes. O produto final apresenta um aspeto físico bastante diferente dos materiais que lhe deram origem pois, além da cor mais escura e da ausência de odor desagradável, apresenta uma consistência friável, sendo constituído por partículas finas e soltas permitindo diminuir os custos de transporte e facilitando a operação de aplicação ao solo (Zucconi & Bertoldi, 1987; Golueke, 1991; Chen et al., 2011; Brito, 2017).

O que distingue a compostagem do processo natural de decomposição é o controlo dos fatores intervenientes no processo. Esta técnica assenta, fundamentalmente, no empilhamento dos diferentes resíduos orgânicos para, deste modo, permitir a conservação do calor no interior da massa da mistura, com o duplo objetivo de: *i)* facultar a ação dos microrganismos mesófilos que se desenvolvem entre os 15° C e os 45° C, e dos termófilos que atuam a temperaturas entre os 45° C e os 60° C e *ii)* criar condições para a inativação dos microrganismos patogénicos e parasitas (Gonçalves, 2005; De la Puente, 2010).

No processo de compostagem, os microrganismos degradam a matéria orgânica e produzem dióxido de carbono, água, calor e húmus. Durante o processo, podem identificar-se diferentes fases - fase mesófila, fase termófila e fase de maturação - em cada uma das quais se vão degradando os materiais presentes na mistura, consoante as suas características e os microrganismos em presença (Hoitink et al., 1997; Baeta-Hall et al., 2002; Day & Shaw, 2005; Trautman & Olynciw, 2015).

A duração do processo de compostagem é variável, dependendo das matérias-primas utilizadas na mistura e do método a que se recorre para o arejamento, sendo mais lento, em



igualdade de circunstâncias, no caso do recurso a uma pilha passiva e mais rápido, se houver ventilação forçada.

Dando cumprimento a um dos principais objetivos do Grupo operacional “Técnicas e tecnologia para valorização de subprodutos em olivicultura- TECOLIVE”, testou-se, em dois anos, a viabilidade técnica da produção de um corretivo orgânico maturado (composto), com base em subprodutos do olival e do lagar, bem como efluentes de atividade pecuária, na própria exploração e utilizando os recursos aí existentes.

## Material e métodos

### Preparação das pilhas de compostagem

Na constituição inicial das pilhas, para que se realize a mistura apropriada, é fundamental conhecer as características dos materiais que se vão utilizar como matérias primas. Com esse objetivo, recolheram-se amostras representativas de cada um dos componentes (folhas e raminhos da limpeza das azeitonas, estrume de ovino e bagaço extratado) que se analisaram, obtendo-se, entre outras, as características que figuram no quadro 1.

No primeiro ano, produziu-se um composto orgânico combinando os subprodutos do olival (folhas e raminhos da limpeza da azeitona) com estrume de ovelha, na proporção 2/3:1/3, em peso fresco, de modo a atingir uma razão C/N adequada. Em junho de 2019, com estes materiais orgânicos, construiu-se uma pilha, à escala industrial, de secção trapezoidal com um comprimento de 30 metros, uma altura de 1,50 m e uma largura de base de 3,0 m, com um peso aproximado de 18000kg.

No segundo ano, na constituição da pilha (final de setembro de 2020), além das folhas e raminhos de oliveira e do estrume de ovelha, juntou-se um terceiro componente, bagaço de azeite extratado e seco, proveniente de uma indústria local na proporção 1/3:1/3:1/3, em peso fresco. Com estes materiais construiu-se uma pilha com um comprimento de 24m, uma altura de 1,60m e uma largura de base de 3,0m e com um peso aproximado a 18000kg.

Os subprodutos utilizados não sofreram qualquer processo para redução de dimensão das suas partículas e o método de compostagem utilizado foi, em ambos os casos, o de pilha a céu aberto com volteio periódico (*Turned windrow method*) e humedecimento regular, mantendo um teor de humidade de cerca de 40-60 %.

### Métodos analíticos utilizados

A amostragem de produtos para análise, matérias-primas e composto, foi realizada, utilizando material de colheita não contaminante, tendo-se obtido amostras compósitas, constituídas por 12 a 20 subamostras, colhidas ao longo das pilhas, a diferentes profundidades. Estas subamostras foram depois misturadas e sujeitas a homogeneização, reduzindo-se o volume pelo método dos quartos cruzados (segundo a norma EN ISO 5667-13), até se atingir a quantidade desejada.

Na análise das matérias-primas e dos compostos orgânicos utilizaram-se os seguintes métodos analíticos: Humidade, pela norma EN 13040; pH, pela norma EN 13037; condutividade elétrica, pela norma EN 13038; matéria orgânica, pela norma EN 13039; carbono orgânico, por cálculo:  $C = \%MO \times 0,58$ ; azoto (nitrogénio) total, pela norma EN 13654-2; fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobre, zinco, níquel, crómio e chumbo, pela norma EN 13650; mercúrio, por decomposição térmica/EAA sem chama; grau de maturação pelo teste de autoaquecimento;



massa volúmica aparente pela norma EN 13040; *Escherichia coli* pela norma ISO 16649-2; *Salmonella* spp., pela norma ISO 6579 e fitotoxicidade pela norma EN – 18602-2.

### Controlo da evolução dos processos de compostagem

No primeiro ano, o processo de compostagem teve uma duração de cerca de 4 meses (junho a setembro) e, no segundo, aproximadamente de 6 meses (setembro a março), tendo-se controlado os seguintes parâmetros:

i) *Razão C/N* - Os teores em carbono e nitrogénio que a mistura deverá apresentar são essenciais, o carbono como fonte de energia e o nitrogénio para a síntese proteica. A relação deve ser determinada no material a ser utilizado na compostagem, para efeito de balanço de nutrientes e, no produto final, para efeito de avaliação da sua qualidade. Diversos autores referem que a relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está entre 25/1 e 35/1 (Zucconi & Bertoldi, 1986; Golueke, 1991; Baldwin & Greenfield, 2009; Chen et al., 2011; Proietti et al., 2016).

Tendo em conta as características das matérias primas (quadro 1) e o objetivo de obtenção de uma mistura com a razão C/N referida, foram calculadas as quantidades de cada um dos componentes, tendo-se conseguido uma razão C/N da mistura inicial igual a 27/1 em 2019 e a 31/1 em 2020.

Durante o processo de compostagem, é normal verificar-se uma redução progressiva da razão C/N, até se atingir um valor estável no produto final, o que se verificou após cerca de 120 dias na pilha de 2019 e de 180 dias na pilha de 2020/21. A perda de carbono está diretamente relacionada com a respiração microbiana e a degradação da matéria orgânica (Valente et al., 2009; Cayuela et al., 2010; Brito, 2017). No caso presente, obteve-se em 2019 um composto final com uma razão C/N de 11,8 e, em 2020/21, com uma razão C/N de 13,5.

ii) *Humidade* - O material a compostar não pode estar nem muito seco nem muito húmido. Se tiver humidade em excesso (> 60%), dá lugar a condições anaeróbias, inibindo a ação dos microrganismos aeróbios e produzindo maus odores, perda de nitrogénio e uma diminuição da velocidade do processo. Pelo contrário, se o teor de humidade descer abaixo dos 40%, a pilha fica demasiado seca para a atividade microbiana (Diaz & Savage, 2007; Baldwin, & Greenfield, 2009, Chen et al, 2011).

No primeiro ano, a determinação da humidade foi feita em laboratório, tendo sido realizada 5 vezes por mês durante os dois primeiros meses e, após esse período, foi realizada mais espaçadamente, recorrendo-se também a um teste simples e prático - o “teste da esponja”. No segundo ano recorreu-se a um termo higrómetro, com sonda de 1m, para controle do teor de humidade da pilha.

Em 2019, foi necessário humedecer a pilha 36 vezes (utilizando na totalidade cerca de 90m<sup>3</sup> de água), enquanto que, no segundo ano, apenas foi necessário realizar essa operação 5 vezes (utilizando cerca de 20m<sup>3</sup> de água). Esta enorme diferença está relacionada com a época do ano em que o processo ocorreu: no verão em 2019 e no outono/inverno em 2020/21.

iii) *Arejamento* - O arejamento das pilhas é necessário para que o processo de compostagem se dê em condições aeróbias e se verifique a oxidação das moléculas orgânicas. Se faltar oxigénio, os microrganismos aeróbios são substituídos por anaeróbios e o processo atrasa-se produzindo-se maus odores (Diaz & Savage, 2007). Além de favorecer a oxigenação, o arejamento remove os gases resultantes do processo de decomposição, reativando o processo



e levando, em seguida, a um aumento da temperatura da massa em compostagem garantindo a higienização da mistura (Cayuela et al. 2010).

O arejamento adequado pode ser conseguido por ventilação forçada ou por um processo mais económico, do ponto de vista energético - o volteio periódico da mistura - que foi o processo utilizado neste caso (*Turned windrow method*). As pilhas foram reviradas periodicamente, inicialmente recorrendo ao balde de um carregador telescópico ou de um trator. Posteriormente, para tornar a ação de reviramento mais eficaz e homogeneizar a mistura, foi improvisado um equipamento baseado num armador de camalhões, realizando-se 2 reviramentos.

*iv) Temperatura* – O metabolismo dos microrganismos que degradam a matéria orgânica é exotérmico e grande parte do calor gerado acumula-se no interior da pilha, pelo que a temperatura deve ser controlada periodicamente, a fim de verificar se a sua evolução é a adequada. Os volteios, com o fim de aumentar o arejamento, devem realizar-se quando a temperatura da pilha desce abaixo dos 40°C, de modo a que, se o composto ainda não estiver maturado, a mesma suba acima dos 50°C (Rynk et al, 1992; Valente et al., 2009).

Para medição da temperatura utilizou-se um termómetro, com sonda de 1m, registando-se a temperatura na pilha, em 12 pontos, a uma profundidade de cerca de 60cm. Esta avaliação foi realizada três vezes por semana, durante as 5 semanas iniciais e, após esse período, uma ou duas vezes por semana.

Na pilha de 2019, após 2,5 meses de compostagem, a temperatura estabilizou em valores próximos da temperatura ambiente. Considerou-se que, ao fim de 4 meses, o processo de compostagem tinha chegado ao fim da fase de maturação (fig. 1). Já na pilha de 2020/21, apenas após cerca de 3,5 meses ocorreu a diminuição da temperatura no interior da pilha considerando-se que a fase de maturação final foi atingida após 6 meses (fig. 1). Este período de compostagem mais longo já tem sido reportado por diversos autores quando se utiliza bagaço de azeitona nas pilhas. Por um lado, deve-se à presença de gorduras e fenóis que têm propriedades antimicrobianas, o que atrasa o início do processo e, por outro, deve-se à alta concentração de lenhinas, que necessitam de enzimas específicas e altas temperaturas para serem degradadas (Albuquerque et al., 2006; Cayuela et al. 2006; Cayuela et al., 2010).

### **Qualidade dos compostos orgânicos obtidos**

Concluído o processo de compostagem, efetuou-se a colheita de amostras compósitas representativas do composto obtido em cada ano. Estas foram analisadas, tendo-se determinado os parâmetros que se apresentam no quadro 2. Durante a compostagem, o volume da pilha reduziu-se para cerca de 1/3 e o peso para 1/2. Esta diminuição de peso e volume resulta num aumento da concentração de nutrientes e reduz a necessidade de espaço para armazenamento e transporte.

Os compostos obtidos apresentavam um aspeto homogéneo, de cor escura, sem odor desagradável e de consistência friável, sendo constituídos por partículas finas e soltas, com um pH entre 5,5 e 9,0 (o que está de acordo como referido no DL nº103/2015, que regula a colocação no mercado nacional das matérias fertilizantes não harmonizadas) e uma condutividade elétrica muito inferior a 10 mS cm<sup>-1</sup>, valor limite a partir do qual podem surgir efeitos inibitórios ou de fitotoxicidade sobre as culturas (Iannotti et al., 1944). Apresentavam, ainda, uma razão C/N entre 10 e 15, considerada ótima por vários autores (Zucconi & Bertoldi,



1987; Chowdhury et al., 2013; Brito, 2017), ausência de fitotoxicidade, apresentando-se bem maturados (grau V) e bem higienizados.

No entanto, o composto produzido em 2019 apresentou um teor de humidade um pouco acima do permitido no referido Decreto Lei (40%) e um teor de matéria orgânica (MO) inferior ao que seria desejado (30%). A incorporação do bagaço conduziu a um aumento do teor de MO e de potássio. Salienta-se, ainda, os valores de cobre e de zinco apresentados em ambos os produtos, que os fazem classificar na classe de qualidade II. Pela análise às matérias primas, concluiu-se que esta classificação é devida aos teores destes micronutrientes presentes no estrume (914mg/kg de Cu e 786mg/kg de Zn). Contudo, apesar dos valores muito elevados destes dois elementos nesse componente utilizado como matéria prima, os produtos finais (compostos) apresentam valores muito inferiores, o que está de acordo com o referido por He *et al.* (2009) que, após a compostagem aeróbica de lamas, verificaram uma diminuição na concentração total destes elementos, bem como de chumbo, apresentando uma menor mobilidade e fitotoxicidade. Para estes resultados também contribuiu o efeito de diluição devido à mistura efetuada com os outros componentes orgânicos (folhas, raminhos e bagaço), menos ricos naqueles elementos.

Os resultados de granulometria, pedras e inertes, obtidos no composto de 2020/21, apontam para a necessidade de se realizar uma operação mecânica ao material, findo o processo de compostagem, a fim de melhorar essas características.

### Conclusões

Testou-se com sucesso a viabilidade técnica da produção de compostos orgânicos maturados a partir de subprodutos do olival, da indústria do azeite e efluentes de atividade pecuária, numa exploração agropecuária, através de uma tecnologia simples, não envolvendo maquinaria específica para o efeito.

Reconheceu-se a importância de controlar os fatores que afetam a eficiência do processo de compostagem, nomeadamente a relação C/N da mistura inicial, a temperatura, a humidade e o arejamento.

A duração do processo de compostagem mostrou-se dependente das matérias-primas utilizadas. A inclusão de bagaço extratado aumenta o período necessário para a obtenção de um produto maturado, devido às suas características.

Comprovou-se a redução da relação C/N que decorre com o processo de compostagem, a evolução da temperatura no interior da pilha, bem como a diminuição de volume e de massa, ao longo do processo.

Constatou-se que a época do ano em que se realiza a compostagem e as condições climáticas determinam o número de intervenções sobre as pilhas, designadamente o número de regas necessárias para manter um teor de humidade adequado, o que exercerá um forte efeito a nível económico. Concluiu-se que a melhor época para a realização da compostagem será no Outono-Inverno.

Através da compostagem, obtiveram-se produtos homogéneos, de cor escura, com ausência de odor desagradável, apresentando uma consistência friável, sendo constituídos por partículas finas e soltas, o que facilita muito o seu armazenamento e utilização como corretivo orgânico do solo. Em termos químicos e microbiológicos os produtos obtidos apresentaram-se estabilizados, higienizados e sem fitotoxicidade.





### Financiamento

O Grupo Operacional “031764-Tecolive – Técnicas e tecnologia para valorização de subprodutos em olivicultura” é financiado pelo programa PDR2020-101 FEADER- Operação - 1.0.1 Grupos operacionais.

### Agradecimentos

Ao engenheiro José Maria Falcão e aos técnicos operacionais da Sociedade Agrícola Torre das Figueiras e à Ana Sofia Albardeiro da AORE - Associação dos Olivicultores da Região de Elvas.

### Referências bibliográficas

- Albuquerque, J.A., González J., García D. & Cegarra J. 2006. Effects of bulking agent on the composting of “alperujo”, the solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Process Biochem* 41:127–132. DOI 10.1016/j.procbio.2005.06.006.
- Baldwin, K. R. & Greenfield, J. T., 2009. Composting on organic Farms. North Carolina State University. USA. Disponível em: <http://content.ces.ncsu.edu/composting-on-organic-farms.pdf>.
- Baeta-Hall, L., Sàágua, M. C., Bartolomeu, M. L., Anselmo, A. M. & Rosa, M. F. 2002. A compostagem como processo de valorização dos resíduos produzidos na extração de azeite em contínuo. *Biotecnologia Ambiental. Boletim de Biotecnologia* 72: 31-37.
- Brito, L.M. 2017. Compostagem. Fertilização do solo e substratos. Ed. Técnicas Publindústria, Porto. ISBN E-book: 978-989-723-209-1, 167p.
- Cayuela M.L., Sánchez-Monedero, M.A. & Roig A. 2006. Evaluation of two different aeration systems for composting two-phase olive mill wastes. *Process Biochem* 41:616–623. DOI 10.1016/j.procbio.2005.08.007.
- Cayuela M.L., Sánchez-Monedero, M.A. & Roig A. 2010. Two-phase mil waste composting: enhancement of the composting rate and compost quality by grape stalks addition. *Biodegradation* 21:465-473. DOI 10.1007/s10532-009-9316-5
- Chen, L., de Haro Marti, M., Moore, A. E. & Falen, C. 2011. The composting process in: Dairy compost production and use in Idaho, University of Idaho, 5p. [www.extension.uidaho.edu/nutrient](http://www.extension.uidaho.edu/nutrient)
- Chowdhury, A.K., Akratos, C.S., Vayenas, D.V. & Pavlou, S. 2013. Olive mil waste: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85:108-119.
- Day, M. & Shaw, K. 2005. Processos Biológicos, químicos, físicos del compostaje. p. 17-50. In: P. Stollella & B. Kahn (eds.), *Utilización de compost en sistemas de cultivo hortícola*. Ediciones Mundi-Prensa.
- De la Puente, A.J. 2010. Manual de compostaje para agricultura ecológica. Consejería de Agricultura y Pesca Junta de Andalucía. 47p. DOI:10.13140/RG.2.2.20182.24647
- Diaz, L. & Savage G.M. 2007. Factors that Affect the Process. p. 49-65. In: L. Diaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier, & E. Stentiford, (eds.), *Compost Science and Technology*. Elsevier. ISBN-13: 9780080439600
- Golueke, C. 1991. Principles of composting. p. 14-39. In: Staff of Biocycle *Journal of waste recycling* (eds.). *The Biocycle guide to the art & science of composting*. Emmaus.
- Gonçalves, M.S. 2005. Gestão de resíduos orgânicos. Sociedade Portuguesa de Inovação (Ed.). Porto. ISBN: 972-8589-49-2.



- He, M., Tian, G. & Liang, X. 2009. Phytotoxicity and specification of copper, zinc and lead during the aerobic composting of sewage sludge. *Journal of Hazardous Materials* 163: 671-677.
- Hoitink, H. A. J., Stone, A. G. & Han, D. Y. 1997. Suppression of plant disease by composts. *Hort Science* 32: 184-187.
- Iannotti D.A., Grebus, M.E., Toth, B.L., Madden, L.V. & Hoitink, A.A. 1944. Oxygen respirometric method to assess stability and maturity of composted municipal solid waste. *J. environ. Quality* 23:117-1183.
- INE, 2021a - Instituto Nacional de Estatística - Recenseamento Agrícola. Análise dos principais resultados: 2019. Lisboa, Disponível na [www: url:https://www.ine.pt/xurl/pub/437178558](http://www.ine.pt/xurl/pub/437178558)
- INE, 2021b – Instituto Nacional de Estatística, Lisboa. Disponível em: Portal do INE
- Proietti, P.; Calisti, R.; Gigliotti, G.; Nasini, L; Regni, L. & Marchini, A. 2016. Composting optimization: Integrating cost analysis with the physical-chemical properties of materials to be composted. *Journal of Cleaner Production* 137:1086-1099. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.158>.
- Rynk, R., M. van de Kamp, G.G. Willson, M.E. Singley, T.L. Richard, J.J. Kolega, F.R. Gouin, L., Laliberty Jr., Kay, D.; Murphy, H.A., Hoitink, J. & Brinton, W.F. 1992. *On-Farm Composting Handbook*. R. Rynk (Ed.). NRAES-54. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service. Ithaca NY.
- Trautman N. & Olynciw, E. 2015. Compost microorganisms. Disponível em: <http://compost.css.cornell.edu/microorg.html>
- Valente, B.S., Xavier, E.G., Morselli, TB., Jahnke, D.S, Brum, B. de S., Cabrera, B.R., Moraes, P. de O. & Lopes, R.S. 2009. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de Resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia* 58 (224): 59-85.
- Zucconi, F. & De Bertoldi, M. 1986. Organic waste stabilization throughout composting and its compatibility with agricultural uses. p. 109-137. In: D.L. Wise (ed.) *Global bioconversions*, CRC Press, Boca Raton.
- Zucconi, F. & De Bertoldi, M. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. p.30-50. In: M. De Bertoldi, M.P. Ferranti, P. Hermite and F. Zucconi (eds), *Compost Production, Quality and Use*, Elsevier Applied Science, London.





## Quadros e Figuras

**Quadro 1** – Principais características das matérias-primas utilizadas na compostagem.

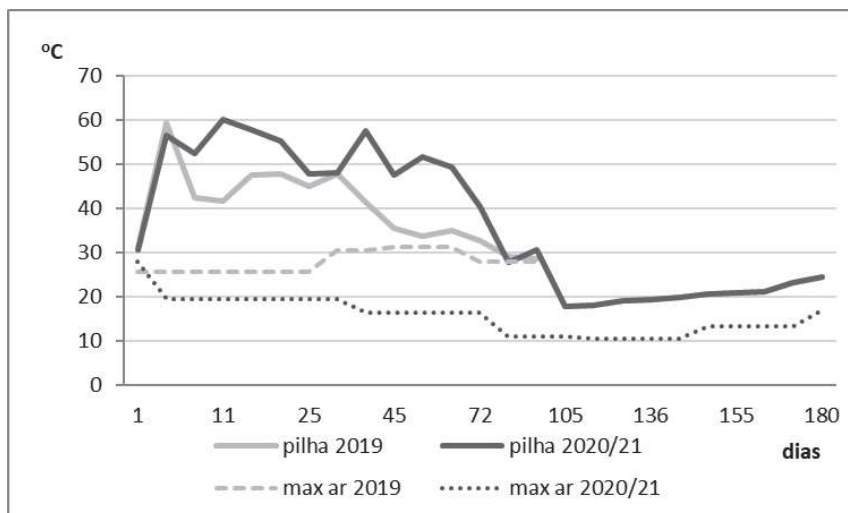
	Matérias-primas	Humidade (%)	pH	Condutividade elétrica (ms/cm)	Matéria orgânica (%)	Carbono (%)	Azoto total (%)
2019	Folhas e raminhos	38,2			83,7	46,0	1,50
	Estrume de ovino	52,0			25,1	13,9	1,04
2020/21	Folhas e raminhos	7,3	7,59	0,09	88,5	49,2	1,60
	Estrume de ovino	36,3	9,47	2,14	23,4	13,0	1,36
	Bagaço extratado	11,3	5,32	3,44	93,5	52,0	0,90

**Quadro 2** - Caracterização física e química dos compostos orgânicos produzidos (Resultados reportados à matéria seca exceto massa volúmica, pH, condutividade elétrica, granulometria, grau de maturação e microrganismos).

Parâmetro	Unidades	Pilha 2019	Pilha 2020/21
Massa volúmica aparente	kg dm <sup>-3</sup>	0,79	0,78
Humidade	%	42,4	34,5
pH		8,6	8,2
Condut. elétrica (25°C)	mS cm <sup>-1</sup>	0,41	1,46
Matéria orgânica	%	21,3	29,0
Carbono orgânico (C)	%	12,4	16,8
Azoto total (N)	%	1,05	1,25
Razão C/N		11,8	13,5
Fósforo “total” (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,51	0,46
Potássio “total” (K <sub>2</sub> O)	%	0,64	0,95
Cálcio “total” (CaO)	%	2,96	3,30
Magnésio “total” (MgO)	%	1,20	1,13
Cobre “total” (Cu)	mg kg <sup>-1</sup>	155	179
Zinco “total” (Zn)	mg kg <sup>-1</sup>	219	242
Níquel “total” (Ni)	mg kg <sup>-1</sup>	31,1	60,2
Crómio “total” (Cr)	mg kg <sup>-1</sup>	40,8	63,2
Chumbo “total” (Pb)	mg kg <sup>-1</sup>	<33,3	<33,3
Mercúrio “total” (Hg)	mg kg <sup>-1</sup>	0,03	
Granulometria	% < 20mm		91,4
Pedras >5mm	%		9,30
Inertes antropog. >2mm	%		0
Grau de maturação		V	V



<i>Escherichia coli</i>	células viáveis/g de matéria original	<10	<10
<i>Salmonella</i> spp.	Presente/ausente em 50g matéria original	Ausente	Ausente
Fitotoxicidade	GI- índ. de germinação	Negativo (GI>80%)	Negativo (GI>80%)



**Figura 1** - Evolução da temperatura das pilhas de compostagem em 2019 (jun-out) e em 2020/21 (set-mar).