

Planejamento experimental fatorial para otimização da produção de composto orgânico

O presente trabalho teve como objetivo determinar a configuração ótima para implementar a reciclagem orgânica analisando o composto que foi produzido no Laboratório de Tecnologias Agroambientais UFCG – CAMPUS I. Foi utilizada a metodologia baseada pelo IPT (2000), realizando-se adaptações conforme as condições climatológicas da localidade, onde foram montadas leiras revolvidas, também conhecido como sistema Windrow, a pilha de resíduos (leira) é montada sobre o solo (compactado ou impermeabilizado). Para analisá-lo de forma quantitativa foram utilizados os seguintes tratamentos: inoculante à base de esterco bovino, nas proporções de 10, 20 e 30%, e também o efeito do reviramento que foi realizado a cada 7, 11 e 15 dias. No entanto para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizado planejamento experimental fatorial 2k composto central, estudando o efeito do tempo de reviramento e do inoculante na quantidade de material decomposto. Foram montadas oito (8) leiras com dimensões de 1,5 m de largura por 2 m de comprimento e 1m de altura, com o formato de um telhado com quatro águas, o experimento teve uma duração de 120 dias. Os resultados obtidos mostram a eficácia do uso do planejamento experimental fatorial composto central na formação do composto orgânico, analisando as variáveis quantidade de inoculante e reviramento, obtendo o melhor desempenho ou rendimento com a variável inoculante no seu nível máximo (32,4 kg) e reviramento no seu nível mínimo (7 dias).

Palavras-chave: Reciclagem; Composto orgânico; Planejamento experimental fatorial.

Factorial experimental design for optimization of organic compost production

The present work had as objective to determine the optimal configuration to implement the organic recycling analyzing the compost that was produced in the Laboratory of Agro-environmental Technologies UFCG – CAMPUS I. The methodology based on IPT (2000) was used, making adaptations according to the climatological conditions of the locality, where upturned windrows were set up, also known as the Windrow system, the waste pile (windrow) is mounted on the ground (compactated or waterproofed). To analyze it quantitatively, the following treatments were used: inoculant based on bovine manure, in the proportions of 10, 20 and 30%, and also the effect of turning over, which was performed every 7, 11 and 15 days. However, for the development of this work, the 2k central composite factorial experimental design was carried out, studying the effect of overturning time and inoculant on the amount of decomposed material. Eight (8) windrows with dimensions of 1.5 m wide by 2 m long and 1 m high were assembled, in the shape of a four-pitched roof, the experiment lasted 120 days. The results obtained show the effectiveness of the use of the central compound factorial experimental design in the formation of the organic compost, analyzing the variables amount of inoculant and overturning, obtaining the best performance or yield with the inoculant variable at its maximum level (32.4 kg) and rollover to its minimum level (7 days).

Keywords: Recycling; Organic compost; Factorial experimental design.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **03/07/2022**

Approved: **29/07/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Gilberlando Gomes da Silva 
Faculdade Cidade Verde, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1872333500933742>
<http://orcid.org/0000-0002-4733-9787>
gilber_gomes@hotmail.com

Maria de Fátima Nóbrega Barbosa 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8262057016878547>
<http://orcid.org/0000-0003-3415-8829>
mfnobregabarbosa@gmail.com

Luiza Eugenia da Mota Rocha Cirne 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1289529714323011>
<http://orcid.org/0000-0002-1496-1633>
luiza.eugenia@professor.ufcg.edu.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.007.0021

Referencing this:

SILVA, G. G.; BARBOSA, M. F. N.; CIRNE, L. E. M. R.. Planejamento experimental fatorial para otimização da produção de composto orgânico. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.7, p.287-294, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.007.0021>

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável tem como pilares a preservação ambiental, o desenvolvimento econômico e a justiça social, e tem seu foco na utilização racional dos recursos naturais sem comprometer as gerações futuras, sendo ambientalmente correto, economicamente viável e socialmente justo (PERON, 2019).

Dessa forma, o desenvolvimento sustentável tem sido tema de grande preocupação no mundo moderno. É necessário satisfazer as necessidades atuais da sociedade sem comprometer as gerações futuras e, para isso, torna-se imprescindível a construção de sociedades sustentáveis. Como importantes ferramentas para gestão dos recursos naturais e para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável, surgem a coleta seletiva e a reciclagem, pois podem contribuir, respectivamente, para uma destinação correta dos recursos descartados e um reaproveitamento desses recursos como fonte de matéria-prima (PERON, 2019).

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes minerais do mundo, atrás apenas da China, dos Estados Unidos e da Índia. Atualmente, a demanda nacional por fertilizantes tem aumentado a taxas muito superiores ao crescimento da oferta, tornando-se necessária uma importação cada vez maior. Em 2007, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), foram produzidas 3.253 t (27,4%) de NPK e importadas 8.613 t (72,6%). Essa dependência externa é preocupante e pode tornar-se um entrave à produção e à competitividade dos produtos brasileiros (ADHIKARI et al., 2010).

A ascensão econômica do Brasil nos últimos anos refletiu no aumento do consumo pela população e consequentemente na geração de resíduos urbanos. Neste sentido, a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em 2012 no nosso país foi estimada em 1,223 kg/habitante/dia. Porém 42% destes resíduos são dispostos inadequadamente, contribuindo como um impacto negativo ao meio ambiente e para a degradação da qualidade de vida. Entre os diversos constituintes do material coletado no RSU, a matéria orgânica merece destaque, pois corresponde a 52% do total gerado no Brasil (GUIDONI et al., 2012). Destaca-se ainda, a grande maioria dos municípios brasileiros que não efetua reciclagem da fração orgânica dos RSU, que se tornam em um elevado volume depositado em aterros sanitários ou contaminando o ambiente (ADHIKARI et al., 2010).

No Brasil, é baixa a proporção de resíduos que efetivamente são reciclados, sendo a maioria encaminhada para aterros sanitários, em lixões ou descartados ao ar livre. Desse modo, surgiram legislações que almejam a gestão ordenada desses resíduos, tais como a Lei Federal nº 12.305/2010 que estipula a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, que visa uma destinação e disposição final ambientalmente adequada a esses resíduos (BRASIL, 2010).

O aproveitamento dos resíduos orgânicos pode ser realizado por meio de um processamento denominado compostagem, em pequena, média e grande escala. É uma alternativa para transformação dos resíduos sólidos orgânicos através da biodegradação por microrganismos (BRASIL, 2010). A prática de compostagem orgânica é uma atividade relevante para a redução de resíduos, possibilitando dentre outros

aspectos, diminuição dos impactos ambientais. A realização dessa pesquisa, associada às ações de gestão de resíduos sólidos na Universidade Federal de Campina Grande, busca até o ano de 2030 garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos, por meio de políticas de pesquisa, de assistência técnica e extensão rural, entre outras ações, visando implementar práticas agrícolas resilientes que aumentem a produção e a produtividade e, ao mesmo tempo, ajudem a proteger, recuperar e conservar os serviços ecossistêmicos, fortalecendo a capacidade de adaptação às mudanças do clima, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, melhorando progressivamente a qualidade da terra, do solo, da água e do ar.

Dessa maneira, a compostagem se torna indispensável para o desenvolvimento sustentável, representando a reciclagem dos nutrientes, da matéria orgânica, de maneira ampla e benéfica, como enfatiza Inácio et al. (2009), tornando o processo de compostagem uma questão de eficiência ecológica, não só pelos benefícios do uso agrícola do fertilizante orgânico, mas também pela diminuição do lixo enviado diariamente para aterros sanitários e lixões, evitando a liberação de metano, efluentes poluentes e atração de vetores que causam doenças.

Atualmente o cenário brasileiro dispõe da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) estabelecida pela lei nº12.305/2010, aprovada pelo Ministério do Meio Ambiente no ano de 2010, a qual propõe a gestão integrada e o gerenciamento desses resíduos sendo atribuído valor econômico (ARRUDA, 2018).

Considerando que a matéria orgânica é um resíduo passível de reciclagem, não deve ser direcionada aos aterros, considerando infração prevista pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Um dos meios mais eficazes e baratos para a reciclagem de matéria orgânica, e, em específico o RSO, é o uso da compostagem. Processo biológico aeróbio e controlado, a compostagem simplificada consiste na mineralização de componentes orgânicos por ação de microrganismos, que metabolicamente consomem a matéria orgânica e geram CO₂ e H₂O (CORRÊA et al., 2012). Portanto, este processo caracteriza-se como um dos métodos mais eficazes no ciclo de material orgânico, com um produto final rico em minerais para dispor em solo, fechando assim um ciclo sustentável na produção de alimentos (GUO et al., 2012).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos sustenta a gestão compartilhada, a qual enfatiza responsabilidade coletiva, social e econômica. A literatura com base em evidências demonstra que campanhas públicas e educação ambiental, proporcionam aumento da conscientização estimulando participação do cidadão na reciclagem. Além disso, a participação democrática impulsiona estratégias coletivas, que permitem a valorização e qualidade dos resíduos, portanto, permitindo sustentabilidade e ainda desenvolvimento econômico (ARRUDA, 2018).

A partir desse contexto, delinea-se o seguinte objetivo: analisar o composto orgânico que foi produzido no Laboratório de Tecnologias Agroambientais da UFCG – CAMPUS I, no sentido de avaliar a metodologia mais eficiente para otimização da produção do composto.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa foi utilizada a metodologia baseada pelo IPT (2000), realizando-se adaptações

conforme as condições climatológicas da localidade onde foram montadas leiras revolvidas, método conhecido como sistema Windrow; a pilha de resíduos (leira) é montada sobre o solo (compactado ou impermeabilizado).

No entanto, para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizado planejamento experimental fatorial 2^k composto central, estudando o efeito do tempo de reviramento e do inoculante na quantidade de material decomposto. O experimento teve uma duração de 120 dias, sendo caracterizado de acordo com o planejamento experimental ilustrado na Tabela 1.

Foram montadas sete (7) leiras com dimensões de 1,5 m de largura por 2 m de comprimento e 1m de altura, com o formato de um telhado com quatro águas. Foram realizados três tratamentos; os tratamentos tiveram como inoculante esterco bovino nas proporções de 10, 20 e 30%, respectivamente, e reviramentos a cada 7, 11 e 15 dias.

A quantificação do composto foi realizada no LTA-UFCG, com a pesagem inicial do material orgânico e a porcentagem do inoculante à base de esterco bovino junto com a adição de água, obtendo-se assim o peso inicial das leiras de compostagem. No final do processo houve o peneiramento do composto maturado; em seguida, com a pesagem do mesmo e o resultado obtido, foi realizada a subtração da pesagem inicial das leiras, obtendo-se o percentual de composto orgânico produzido.

Planejamento fatorial composto central

Para o planejamento fatorial composto central, com relação à análise estatística efetuada, foram definidas as variáveis dependentes: reviramento (dias) e Inoculante (kg), objetivando analisar o efeito das variáveis na quantidade de composto produzido com o mínimo de experimentos.

Como o planejamento experimental empregado foi o composto central, portanto, foram realizados sete (7) ensaios. A Tabela 1 apresenta os níveis para os fatores e seus valores codificados.

Tabela 1: Níveis para os fatores e seus valores codificados para a produção de composto orgânico.

| Fator Nível | Reviramento | Inoculante |
|----------------|-------------|------------|
| | Dias | kg |
| -1 | 7 | 10,8 |
| 0 | 11 | 21,6 |
| +1 | 15 | 32,4 |

Na análise do planejamento experimental composto central, foi utilizado o software computacional STATISTICA, versão 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui serão apresentados e discutidos os resultados obtidos nesta pesquisa. Em primeiro lugar, são apresentados os resultados obtidos a partir da análise estatística dos ensaios através do planejamento experimental fatorial. A influência das variáveis, o reviramento e a quantidade de inoculante são estudados em função da quantidade de composto que é produzido. Contribuições desta fase do trabalho, consideradas importantes, são a determinação da condição ótima para a produção da maior quantidade de composto orgânico.

Análise dos ensaios através do planejamento experimental

Os resultados ora apresentados representam a aplicação da metodologia do planejamento experimental fatorial 2^2 com 3 no ponto central, na determinação da configuração ótima para a determinação da quantidade de composto orgânico produzido (QCP), conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Matriz do planejamento composto central utilizado no estudo.

| Ensaio | Reviramento | Inoculante | Quantidade de composto |
|--------|-------------|------------|------------------------|
| | | | kg |
| 1 | -1 | -1 | 123,00 |
| 2 | +1 | -1 | 106,00 |
| 3 | -1 | +1 | 157,00 |
| 4 | +1 | +1 | 118,00 |
| 5 | 0 | 0 | 118,00 |
| 6 | 0 | 0 | 117,00 |
| 7 | 0 | 0 | 116,00 |

Estes resultados foram analisados através do software STATISTICA, versão 7.0, de acordo com o planejamento experimental cuja matriz de planejamento é apresentada na Tabela 2. Nesta tabela também é apresentada a quantidade de composto obtido em cada ensaio. De posse dos resultados apresentados na Tabela 3, realizou-se uma análise estatística de variância e, assim, foi calculado o nível de significância “ p ” dos fatores de controle sobre a quantidade de composto produzido.

Tabela 3: Nível de significância dos fatores de controle sobre a variável resposta.

| Fatores de controle | Valor de p (Composto) |
|--------------------------|-------------------------|
| Inoculante (kg) | 0,001885 |
| Reviramento (Dias) | 0,001273 |
| Inoculante * reviramento | 0,008163 |
| R^2 | 91,056 |
| R^2 Ajustado | 82,112 |
| MS Erro Puro | 19,95 |

Para efeitos cujos níveis de significância são menores que 0,05, estes são estatisticamente significativos, ou seja, há uma probabilidade de acerto de 95% em se admitir que este fator de controle esteja influenciando as variáveis de resposta analisadas. Os valores de “ p ” são apresentados na tabela 3, onde os valores em vermelhos sublinhados representam os fatores estatisticamente significativos.

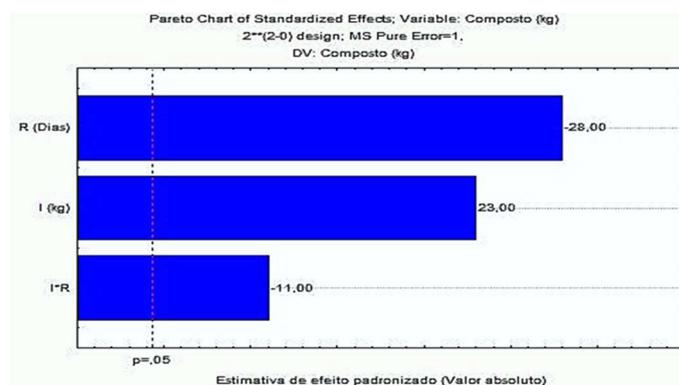


Figura 1: Diagrama de Pareto de efeitos associados à quantidade de composto produzido.

A Figura 1 apresenta o gráfico de Pareto (ou diagrama de Pareto); nele é possível visualizar que os parâmetros avaliados no trabalho, o reviramento e a quantidade de inoculante influenciam a variável dependente, composto produzido. A interação entre as variáveis também demonstra efeito significativo na

QCP, no entanto em menor proporção.

A Equação 1 apresenta o modelo empírico com os seus respectivos parâmetros estatísticos para a QCP, onde foram levados em consideração todos os efeitos estaticamente significativos. Com base na análise de variância pode-se concluir que a QCP foi influenciada de forma significativa por ambos fatores de controle analisados, dentro das configurações deste trabalho.

$$QCP = 107,392 + (2,465 \times i) - (0,75 \times r) - (0,127 \times i \times r)$$

Onde:

i = variável inoculante

r = reviramento

Na Tabela 4 está apresentado o resultado da análise de variância para a quantidade de composto produzido. Foi demonstrado, através do valor de $F_{\text{CALCULADO}}$, que o modelo é estatisticamente significativo e preditivo, pois $4F_{\text{CALCULADO(R)}} > F_{\text{TABELADO(R)}}$, e bem ajustado já que $F_{\text{CALCULADO (F.A)}} < 4F_{\text{TABELADO (F.A)}}$.

Tabela 4: Análise de variância da quantidade de composto produzido (QCP).

| Variações | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado da média | F _{calculado} |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| Efeito da variável Inoculante (i) | 529,00 | 1 | 529,00 | 11,35 |
| Efeito da Variável Reviramento (r) | 784,00 | 1 | 784,00 | 16,83 |
| Efeito da interação ($i \times r$) | 121,00 | 1 | 121,00 | 2,57 |
| Regressão | 1434,00 | 3 | 478,00 | 10,26 |
| Resíduos | 139,71 | 3 | 46,57 | 1 |
| Falta de ajuste | 138,85 | 0 | 0 | 0 |
| Erro puro | 19,95 | 2 | 9,97 | 0,21 |
| Total | 1574,71 | 6 | | |
| R ² (Coeficiente de correlação) | 91,05% | | | |

$F_{\text{CALCULADO}} = 10,26$; F_{TABELADO} , G.L (R); G.L (RES); 95% = 6,59; $F_{\text{CALCULADO}} > F_{\text{TABELADO}}$

Tabela 5: Resultados QCP.

| Ensaio | Quantidade de composto | | Erro relativo |
|--------|------------------------|-----------------|---------------|
| | Medido kg | Calculado kg | |
| 1 | 123,00 | 119,14 | 3,23 |
| 2 | 157,00 | 153,14 | 2,51 |
| 3 | 106,00 | 102,14 | 3,77 |
| 4 | 118,00 | 114,14 | 3,37 |
| 5 | 118,00 | 122,14 | 3,39 |
| 6 | 117,00 | 122,14 | 4,21 |
| 7 | 116,00 | 122,14 | 5,02 |

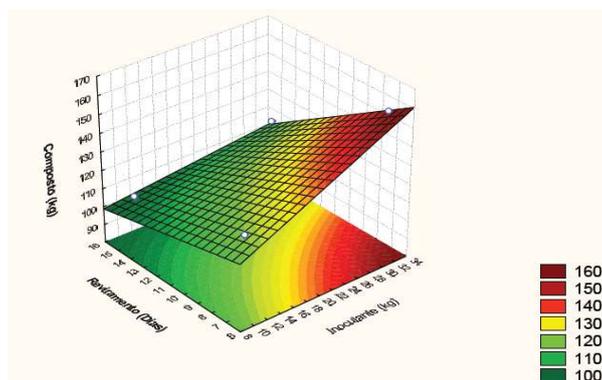


Figura 2: superfície de resposta obtida da análise de planejamento experimental.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados medidos e calculados para QCP, a fim de possibilitar análise do erro relativo entres os valores dos resultados do planejamento experimental. Observa-se uma boa aproximação entre eles, sendo o resultado do ensaio 2 de maior desempenho com menor diferença entre valor medido e calculado do QCP, com apenas 2,51 % de erro relativo. Os resultados se afirmam ainda mais

confiáveis quando considerado o valor do erro puro determinado em planejamento, com possibilidade de variância de $\pm 6,14$ kg, deixando todo valor medido dentro da faixa de erro previsto pela Equação 1. A Figura 2 mostra a superfície de resposta obtida da análise de planejamento experimental.

Por meio da Figura 2, é possível observar a configuração ótima para obtenção da quantidade máxima de composto orgânico produzido. Esta configuração ótima é obtida quando a variável inoculante está no seu nível superior, ou seja, quando é utilizado 30% ou 32,4 kg. Por outro lado, o desempenho superior ocorreu quando a variável reviramento apresentou o seu nível mínimo, 7 dias.

Volume Mássico

O rendimento final das leiras de compostagem apresentou os resultados de acordo com a Tabela 4. Os resultados foram obtidos em base seca analisada fisicamente no Laboratório de Tecnologias Agroambientais – LTA, em estufa com circulação de ar forçado, com temperatura regulável, utilizando-se de 20 a 30 g de material úmido e homogêneo em temperatura de 65 – 70°C por 24 a 48 horas (TEDESCO et al., 1995).

Tabela 4: Rendimento final em base seca.

| Teste | Massa Inicial | Massa Final | Rendimento |
|----------|---------------|-------------|------------|
| | kg | kg | % |
| Ensaio 1 | 212,4 | 69,4 | 32,7% |
| Ensaio 2 | 190,8 | 58,8 | 27,6% |
| Ensaio 3 | 212,4 | 99,3 | 46,7% |
| Ensaio 4 | 190,8 | 65,5 | 30,8% |
| Ensaio 5 | 201,6 | 75,9 | 35,7% |
| Ensaio 6 | 201,6 | 66,9 | 31,5% |
| Ensaio 7 | 201,6 | 70,2 | 33,0% |

O rendimento final das pilhas de compostagem apresentou resultados já esperados (Tabela 4). O rendimento final da compostagem deve estar entre 30% a 50% do volume inicial, dependendo do material de origem e da umidade (KIEHL, 2004).

Os tratamentos T1, T3, T4, T5, T6 e T7 estão dentro da margem estabelecida, enquanto o tratamento T2 apresentou rendimento inferior a 30%, provavelmente pela menor adição de inoculante e menor quantidade de reviramentos. Os tratamentos T2 e T4 apontaram menor massa inicial, por esse motivo a diferença em massa foi menor. O tratamento T3 apresentou maior massa final e, por consequência, maior rendimento e menor percentual de redução. Estudos realizados por Oliveira et al. (2008) indicaram rendimento final da massa de compostagem entorno de 44%. Segundo Carli (2010), o rendimento final deve estar acerca de 40% (resultados semelhantes ao encontrado neste presente estudo).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram a eficácia do uso do planejamento experimental fatorial composto central na formação do composto orgânico, analisando as variáveis quantidade de inoculante e reviramento, obtendo o melhor desempenho ou rendimento com a variável inoculante no seu nível máximo (32,4 kg) e reviramento em seu nível mínimo (7 dias). Através da metodologia de planejamento experimental, obteve-se rendimento máximo de 46,7% em base seca.

Desta forma, a pesquisa mostra a eficácia do processo de compostagem para o fechamento do ciclo biológico dos nutrientes minerais, e assim fornecer matéria orgânica ao solo, estocando o carbono na forma de compostos estáveis e não liberando CO₂ na atmosfera, fatores esses que contribuí para aumentar o efeito estufa, e assim, contribuindo para destinação correta dos resíduos sólidos orgânicos, transformando-os em fertilizante natural, para a produção de alimentos salubres de forma equilibrada e sustentável. Para estudos posteriores poderá ser avaliada a forma qualitativa desse composto, através de análises químicas, determinando o seu potencial nutricional.

REFERÊNCIAS

ADHIKARI, B. K.; TRÉMIER, A.; MARTINEZ, J.; BARRINGTON, S.. Home and community composting for on-site treatment of urban organic waste: perspective for Europe and Canada. **Waste Management and Research**, v.28, n.11, p.1039-1053, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1177/0734242X10373801>

ARRUDA, E. C.. Pro-environmental behavior and recycling: literature review and policy considerations. **Ambiente & Sociedade**, v.21, p.21-37, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0209r3vu18L4AO>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos**. Brasília: MMA, 2010.

CARLI, S. T.. **Uso de degradadores biológicos na aceleração do processo de compostagem dos resíduos orgânicos vegetais e palhas de embalagem**: estudo de caso Ceasa, Curitiba. Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2010.

CORRÊA, E. K.; BIANCHI, I.; LUCIA JR, T.; CORRÊA, L. B. MARQUES, R. V.; PAZ, M. F.. Fundamentos da compostagem. In: CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B.. **Gestão de Resíduos Sólidos**. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p.75-96.

GUIDONI, L. L. C.; BECKER, R. V. B.; MARQUES, R. V.; CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K.. Compostagem domiciliar. In: CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B.. **Gestão de Resíduos Sólidos**. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p.117-141.

GUO, R. LI, G.; JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; CHEN, T.; ZHAO, Y.; SHEN, Y.. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture on the stability and maturity of compost. **Bioresource Technology**, v.112, p.171-178, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.099>

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M.. **Compostagem**: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

IPT. **Lixo municipal**: Manual de gerenciamento integrado. 2 ed. São Paulo: CEMPRE, 2000.

KIEHL, E... **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. 4 ed. Piracicaba, 2004.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PERON, C.. **As contribuições da reciclagem para o desenvolvimento sustentável**: estudo de caso na cooperativa dos recicladores de Penápolis/SP (CORPE). Universidade de Araraquara, 2019.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNNEN, H.; VOLKWEISS, S. J.. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Boletim Técnico de Solos, 5. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – **Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03)** detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749cce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157956135917977601/>