

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

RECICLAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS URBANOS E RURAIS COM BIOCARVÃO

TATIANA ALVAREZ VIAN

Sinop, Mato Grosso
Abril, 2018

TATIANA ALVAREZ VIAN

RECICLAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS URBANOS E RURAIS COM
BIOCARVÃO

ORIENTADORA: DRA. LUCÉLIA NOBRE CARVALHO

COORIENTADORA: DRA. FABIANA ABREU DE REZENDE

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais da Universidade Federal de
Mato Grosso, *Campus* de Sinop.
Área de concentração: Biodiversidade.

Sinop, Mato Grosso

Abril, 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

V614r Vian, Tatiana Alvarez.
Reciclagem de resíduos orgânicos urbanos e rurais com
biocarvão / Tatiana Alvarez Vian. -- 2018
viii, 52 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Lucélia Nobre Carvalho.
Co-orientadora: Fabiana Abreu de Rezende.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato
Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais,
Sinop, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Compostagem. 2. Biocarvão. 3. Agricultura. 4.
Reciclagem. 5. Matéria Orgânica. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
Avenida Alexandre Ferronato, nº 1.200 - Setor Industrial - Cep: 78557267 - Sinop/MT
Tel : 66 3531-1663/r. 206 - Email : ppgcam@ufmt.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "Valoração da reciclagem de resíduos orgânicos urbanos e rurais com utilização de biocarvão"

AUTOR : Mestranda TATIANA ALVAREZ VIAN

Dissertação defendida e aprovada em 22/02/2018.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador Doutor(a) Lucélia Nobre Carvalho
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Lucélia Nobre Carvalho

Coorientador Doutor(a) Fabiana Abreu de Rezende
Instituição : EMBRAPA

Fabiana Abreu de Rezende

Examinador Interno Doutor(a) Roselene Maria Schneider
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Roselene Maria Schneider

Examinador Externo Doutor(a) Marina Moura Morales
Instituição : Embrapa Florestas

Marina Moura Morales

Examinador Suplente Doutor(a) Milene Carvalho Bongiovani
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

SINOP, 22/02/2018.

Sinopse:

Estudou-se a reciclagem de nutrientes na agricultura, por meio da co-compostagem de resíduos orgânicos com utilização de biocarvão, no município de Sinop, Mato Grosso. Foram avaliados aspectos de microbiologia e gases de efeito estufa do processo de decomposição, a caracterização química e física e a toxicidade dos produtos.

Palavras-chave:

Co-compostagem, biocarvão, agricultura.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha família, especialmente a minha mãe, Maria Cristina Alvarez Vian, ao meu pai, Vilson José Vian e a minha irmã, Adriana Alvarez Vian que incentivaram meus estudos e apoiaram minhas escolhas. Ao meu namorado, Milton Mauad pela paciência e cooperação em todos os momentos e aos meus amigos e amigas pela amizade e torcida.

A minha orientadora Lucélia Nobre Carvalho, que aceitou me orientar nessa trajetória importante, ajudando com sua experiência e senso crítico e aos professores da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), que contribuíram nas diversas etapas do caminho.

A minha coorientadora, Fabiana Abreu de Rezende que oportunizou o desenvolvimento da pesquisa e a vivência científica, bem como aos pesquisadores, ao corpo de técnicos e aos estagiários da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro do projeto.

RESUMO

Os resíduos orgânicos demandam formas apropriadas de disposição, ao passo que, o avanço na busca por sistemas que otimizem as fontes de nutrientes na agricultura é fundamental. A compostagem é a técnica de reciclagem de matéria orgânica por ação de microrganismos aeróbios. A pirólise é o processo de carbonização da biomassa, que tem como produto o biocarvão, que apresenta características favoráveis a utilização em cultivos agrícolas. A co-compostagem é o processo que integra ambas as técnicas. O objetivo deste trabalho foi acompanhar o processo de reciclagem da matéria orgânica desperdiçada na produção e consumo de alimentos, utilizando-se da associação das técnicas de compostagem e de pirólise de resíduos oriundos dos meios urbanos e rurais. No capítulo um, foi avaliado o desempenho de biocarvões na compostagem dos resíduos e, para isso, foram carbonizadas as biomassas e conduzida a compostagem, analisada a quantidade de microrganismos presentes nas pilhas de composto, determinada a emissão total de gases de efeito estufa durante o processo de decomposição e realizada a caracterização dos produtos obtidos. No capítulo dois, foi avaliada a toxicidade dos biocarvões associados a compostagem e, para isso, foram utilizados os testes de germinação de sementes sensíveis e do comportamento de minhocas em relação a preferência pelos produtos. A pesquisa foi conduzida na Embrapa Agrossilvipastoril, unidade de Sinop/MT e os resíduos utilizados foram silagem de milho, esterco bovino, cama de aviário, casca de arroz e cascas de vegetais crus. Os biocarvões foram produzidos a partir da casca de arroz em temperaturas de 400°C e 600°C e da cama de aviário a 400°C e combinados aos resíduos para processar pelo método de compostagem. Houve o aumento do pH ao adicionar os biocarvões nos compostos. A maior quantidade de microrganismos ao longo da compostagem, bem como a maior emissão de CH₄, foi identificada no composto sem biocarvão. O composto associado aos biocarvões de casca de arroz a 600°C e de cama de aviário a 400°C apresentou a menor emissão total de gases de efeito estufa no processo de decomposição, os mesmos materiais não demonstraram efeito de fuga no teste com minhocas *Eisenia fetida*. Os biocarvões provenientes da casca de arroz, carbonizada tanto a 400°C como a 600°C, apresentaram boas condições para germinação de sementes de rabanete.

Palavras-chave: Reciclagem, Biocarvão, Monitoramento, Toxicidade.

ABSTRACT

Organic wastes demand appropriate forms of disposal, advances in recycling techniques are fundamental to recover the nutrients located in the material. Composting is the technique of recycling organic matter by the action of aerobic microorganisms. Pyrolysis is the process of carbonization of biomass, which has biochar as end product, commonly presenting favorable characteristics for use in agricultural crops. Co-composting is the process that integrates both techniques. The objective of this work was to evaluate the process of recycling waste organic matter, using composting and pyrolysis processes from urban and rural residues. In chapter one, the performance of biochars in the composting of the residues was evaluated and, for this, the biomass was charred and conducted to compost, analyzed the number of microorganisms present in the compost piles, determined the total emission of greenhouse gases during the process and the characterization of the products obtained. In chapter two, the toxicity of biochars associated to composting was evaluated and, for this, the tests of germination of sensitive seeds and the behavior of worms were used in relation to the preference for the products. The research was conducted at Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop/MT unit and the residues used were corn silage, bovine manure, poultry litter, rice husk and raw vegetable peels. Biochars were produced from the rice husk at temperatures of 400°C and 600°C and from the poultry litter at 400°C and combined with the residues to process by the composting method. There was an increase in pH by adding the biochars into the composts. The higher amount of microorganisms along the composting process, as well as a higher CH₄ emission, was identified in the compost without biochar. The compost associated with biochar of rice husk at 600°C and biochar of poultry litter at 400°C showed the lowest total emission of greenhouse gases during the decomposition process, the same materials showed no effect of avoidance for *Eisenia fetida* worms. The biochars from the rice husk, carbonized at 400°C and 600°C, showed good conditions for germination of radish seeds.

Keywords: Recycling, Biochar, Monitoring, Toxicity.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1.....	5
1. Introdução.....	6
2. Materiais e métodos.....	8
3. Resultados e discussão.....	13
4. Conclusão.....	21
5. Referências.....	21
CAPÍTULO 2.....	24
1. Introdução.....	25
2. Materiais e métodos.....	27
3. Resultados e discussão.....	30
4. Conclusão.....	34
5. Referências.....	34
CONCLUSÃO GERAL.....	37
ANEXO 1.....	38
ANEXO 2.....	52

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Caracterização dos biocarvões e compostos para condutividade elétrica, umidade, teor de cinzas, matéria orgânica, densidade de partículas e pH.....	14
Tabela 2. Caracterização dos biocarvões e compostos para HPAs, carbono total, carbono orgânico, macronutrientes e micronutrientes, relação H/C e C/N	15
Tabela 3. Quantificações mensais de bactérias em TSA e unidade formadora de colônia por grama de composto úmido para os três compostos.....	18
Tabela 4. Quantificações mensais de fungos em BDA e unidade formadora de colônia por grama de composto úmido para os três compostos.....	19
Tabela 5. Emissão total de Gases de Efeito Estufa para os três compostos.....	20

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Caracterização dos biocarvões e compostos para pH, HPAs, carbono total, carbono orgânico, macronutrientes e micronutrientes, matéria orgânica e C/N.....	28
Tabela 2. Parâmetros para germinação de sementes de rabanete em substrato comercial como testemunha, nos biocarvões e compostos.....	31
Tabela 3. Comportamento das minhocas em substrato comercial como testemunha, nos biocarvões e compostos.....	33

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1. Variação da temperatura do ambiente durante o período do processamento dos três compostos.....9
- Figura 2. Metragem e volume total, materiais residuais e biocarvões produzidos com respectivas proporções, utilizados na montagem das pilhas de composto10
- Figura 3. Intervalo da contagem de bactérias e fungos para cada pilha de composto, sendo as quantificações o número de coletas feitas para análise em laboratório.....11
- Figura 4. Número de coletas para cada pilha de composto, com repetições, em tempo progressivo de captura dos gases.....12
- Figura 5. Distribuição do tamanho de partículas (granulometria) dos compostos e biocarvões.....14
- Figura 6. Variação da temperatura ao longo do processo para os três compostos...17

CAPÍTULO 2

- Figura 1. Diagrama das proporções dos materiais utilizados nos três compostos e biocarvões e as respectivas temperaturas de carbonização.....27

INTRODUÇÃO GERAL

A cadeia de produção e distribuição de alimentos sofre com perdas e desperdícios que somam 1.3 bilhões de toneladas em todo o globo, representando um terço do que é destinado ao consumo humano, conforme informações da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). Do montante, aproximadamente metade das frutas e vegetais produzidos tornam-se resíduos, e possuem o maior nível de desperdício em relação a outros produtos alimentícios.

Considerando a produção de cereais, 30% em todo o mundo é desperdiçado ou perdido, principalmente em países industrializados. O volume é variável em relação aos diferentes países; na América Latina, os maiores montantes de frutas e vegetais perdidos estão na fase de plantio e no processamento. Já produtos da cadeia de cereais sofrem maior perda no consumo, seguido da fase de plantio.

No Brasil, entre os anos de 2015 e 2016 houve o aumento de 0,4% na cobertura de serviços de coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), entretanto, a coleta seletiva não avançou na mesma proporção e os índices de reciclagem ficaram estagnados, além da ausência de iniciativas consolidadas para aproveitamento e recuperação da fração orgânica. Como consequência, há uma sobrecarga nos sistemas de destinação final, que recebem aproximadamente 71,34 milhões de toneladas de resíduos por ano (ABRELPE, 2016). A presença destes materiais agrava a poluição e reduz a vida útil dos espaços destinados a disposição de resíduos.

A estimativa da composição gravimétrica dos resíduos urbanos gerados no país indica que ao menos 50% do que é coletado é matéria orgânica (IPEA, 2012a). No estado de Mato Grosso, na região Centro-Oeste do Brasil, próximo de 2.000 toneladas por dia são geradas destes resíduos, o que resulta em aproximadamente 0,5 kg coletado por habitante por dia e que possuem como principal destinação final lixões, com apenas 38% destinados a aterros sanitários (ABRELPE, 2015).

Com a modernização da agricultura, os sistemas agrícolas tornaram-se mais intensivos, e o advento das agroindústrias surgiu como o novo segmento industrial de processamento da produção primária de alimentos (IPEA, 2012b). Há impactos ambientais associados a resíduos deste segmento, pela alta geração, lenta degradabilidade e a ocupação de área, inutilizada para fins produtivos. Dos resíduos

gerados no Centro-Oeste, são estimados no Mato Grosso, estado de maior expressão agrícola do Brasil, reconhecido como o *celeiro do mundo*, respectivamente 52% e 65% do processamento de culturas do milho (4,7 milhões de toneladas) e do arroz (158,5 mil toneladas). Na mesma região, em torno de 558,7 milhões de toneladas de dejetos são oriundos das principais criações animais, como frangos de corte e postura e bovinos de leite e corte (IPEA, 2012b).

Como forma de nutrição das culturas para a produção de alimentos no Brasil, particularmente na região do estado de Mato Grosso, faz-se uso intensivo de fertilizantes químicos, que apresenta impactos socioeconômicos aos produtores, pela dependência técnica e financeira; desde o uso do *pacote tecnológico*, vendido pelas grandes empresas do agronegócio, até a consequente necessidade de alto aporte de capital e financiamentos.

A utilização de recursos naturais escassos é outro fator de impacto deste modo de cultivo de alimentos; a produção agrícola brasileira importa cerca de 70% das matérias-primas utilizadas para fabricação dos fertilizantes químicos usados em seus cultivos (IPEA, 2012b). Dados da Agência Nacional de Difusão de Adubos (ANDA) no ano de 2017, apontam 19,1 milhões de toneladas de produtos intermediários importados, além de 6,2 milhões de toneladas da produção nacional.

A Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS), lei 12.305 de 2010, prevê a elaboração de planos de redução, reutilização e reciclagem de resíduos; em seu artigo 3º, inciso VII, considera a compostagem como uma forma de destinação final ambientalmente adequada (IPEA, 2012b).

Há a geração de valor para a matéria orgânica desperdiçada, quando utilizada como insumo para a agricultura, através do caráter cíclico de transformação dos resíduos, tanto dos meios urbanos quanto rurais, desde a produção e consumo de alimentos, as perdas e desperdícios na cadeia, passando então por processos de reciclagem que resultem em adubos orgânicos que retornam ao ciclo produtivo de forma sustentável (MASULLO, 2017).

Dentre os processos de reciclagem, a compostagem é a técnica que consiste na decomposição aeróbia do material orgânico, que ocorre pela dinâmica de microrganismos que atuam na composição da pilha de composto, influenciando a temperatura, umidade, teor de nutrientes, etc., resultando em adubo orgânico (OLIVEIRA et al, 2016; JINDO et al,

2012). Outra forma de transformação de resíduos é a pirólise, a técnica de carbonização da biomassa na ausência de oxigênio, que tem como resultado o biocarvão, o produto que, normalmente, apresenta características favoráveis a utilização em cultivos agrícolas (NANDA et al, 2016).

O composto e o biocarvão podem promover melhorias na estrutura química e física dos solos, resultando em materiais com efeito condicionador. Preconizado por estudos de manchas escuras encontradas nos solos da Amazônia, as Terras Preta de Índio (TPI) – formadas por povos que carbonizavam parcialmente os resíduos orgânicos, misturavam com cacos de cerâmica e restos de comida, formando solos férteis em meio a acidez das terras amazônicas – busca-se a reprodução destes solos férteis por meio do processo de co-compostagem (MONDINI et al, 2016; SCHULZ; DUNST; GLASER, 2013).

Este trabalho teve como objetivo monitorar as características de condicionador de solo obtido através da reciclagem da matéria orgânica proveniente de resíduos agrícolas e urbanos, utilizando-se da associação das técnicas de compostagem e de pirólise.

No capítulo um, foi avaliado o desempenho de biocarvões na compostagem dos resíduos e, para isso, foram carbonizadas as biomassas e conduzida a compostagem, analisada a quantidade de microrganismos presentes nas pilhas de composto, determinada a emissão total de gases de efeito estufa durante o processo de decomposição e realizada a caracterização dos produtos obtidos.

No capítulo dois, foi avaliada a toxicidade dos biocarvões associados a compostagem com a utilização de teste de germinação de sementes sensíveis e do comportamento de minhocas em relação a preferência pelos produtos.

Referências

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2015.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2016.

ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Principais indicadores do setor de fertilizantes. São Paulo, 2017.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Acesso em 30/10/2017, obtido em: fao.org/save-food.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos. Brasília, 2012a.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. Brasília, 2012b.

JINDO, K.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C.; FURUKAWA, T.; MATSUMOTO, K.; SONOKI, T.; BASTIDA, F. Biochar influences the microbial community structure during manure composting with agricultural wastes. *Science of the Total Environment*. Vol. 416, p. 476-481, 2012.

MASULLO, A. Organic wastes management in a circular economy approach: rebuilding the link between urban and rural areas. *Ecological Engineering*. Vol. 101, p. 84-90, 2017.

MONDINI, C., SINICCO, T.; VANDECASTEELE, B.; D'HOSE, T. Potential of biochar in composting: effects on process performance and greenhouse gas emissions. In: III International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture, Spain. *Anais... Bélgica: ISHS Acta Horticulturae*. Vol. 1, n. 1146, p. 251-256, 2016.

NANDA, S.; DALAI, A.K.; BERRUTI, F.; KOZINSKI, J.A. Biochar as an exceptional bioresource for energy, agronomy, carbon sequestration, activated carbon and specialty materials. *Wast and Biomass Valorization*. Vol. 7, p. 201-235, 2016.

OLIVEIRA, L.S.B.L.; OLIVEIRA, D.S.B.L.; BEZERRA, B.S.; PEREIRA, B.S.; BATTISTELLE, R.A.G. Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *Journal of Cleaner Production*. p. 1-9, 2016.

SCHULZ, H.; DUNST, G.; GLASER, B. Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 33, p. 817-827, 2013.

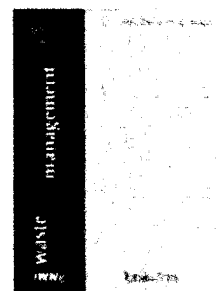
CAPÍTULO 1*

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE BIOCARVÕES NA COMPOSTAGEM DE
RESÍDUOS ORGÂNICOS URBANOS E RURAIS

*Artigo redigido de acordo com as normas da revista *Waste Management*, a qual será submetido para publicação. Normas em anexo na página 38.

**WASTE MANAGEMENT**

International Journal of Integrated Waste Management, Science and Technology



ISSN: 0956-053X

Avaliação do desempenho de biocarvões na compostagem de resíduos orgânicos urbanos e rurais

Tatiana Alvarez Vian¹, Lucélia Nobre Carvalho¹, Fabiana Abreu de Rezende², Alexandre Ferreira do Nascimento², Anderson Ferreira², Ícaro Pereira de Souza³

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* de Sinop, Mato Grosso, Brasil.

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

³Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* de Sinop, Mato Grosso, Brasil.

Correspondência do autor: Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* de Sinop, avenida Alexandre Ferronato, 1.200, CEP: 78550-728, Sinop, Mato Grosso, Brasil. Tel: +55 (66) 99685-5089.

Endereços de e-mail: tatianavian@gmail.com (T.A. Vian), carvalholn@yahoo.com.br (L.N. Carvalho), fabiana.rezende@embrapa.br (F.A. Rezende), alexandre.nascimento@embrapa.br (A.F. Nascimento) anderson.ferreira@embrapa.br, icaro.p.souza@hotmail.com (Í. P. SOUZA).

Divulgação de conflitos de interesse: nenhum.

Resumo

Os resíduos orgânicos demandam formas apropriadas de disposição e a co-compostagem é o processo de reciclagem de matéria orgânica que utiliza o biocarvão no processo de compostagem. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de biocarvões na decomposição dos resíduos e, para isso, foram carbonizadas as biomassas e conduzida a compostagem, analisada a quantidade de microrganismos presentes nas pilhas de composto, determinada a emissão total de gases de efeito estufa durante o processo de decomposição e realizada a caracterização dos produtos obtidos. A maior quantidade de microrganismos ao longo da compostagem, bem como a maior emissão de CH₄, foi identificada no composto sem biocarvão. O composto associado aos biocarvões de casca de arroz a 600°C e de cama de aviário a 400°C apresentou a menor emissão total de gases de efeito estufa. Os biocarvões apresentaram potencial efeito de neutralização nas pilhas de composto, devido aos valores de pH maiores que 7.

Palavras-chave: reciclagem, carbonização, microrganismos, gases de efeito estufa.

1. Introdução

O volume crescente de resíduos orgânicos gerados pelas atividades de produção e consumo, provenientes dos meios rurais e urbanos, acarreta problemas ambientais que demandam formas apropriadas de disposição (CHAVES; SANTOS; ROCHA, 2014). Ao passo que, o avanço na busca por sistemas que otimizem as fontes de nutrientes na

agricultura é fundamental, uma vez que os fertilizantes químicos consomem recursos naturais escassos. É valorizado o caráter cíclico da reciclagem da matéria orgânica desperdiçada, quando transformada em insumo para a agricultura (MASULLO, 2017).

A compostagem é a técnica amplamente difundida e acessível no reuso de resíduos orgânicos, que consiste na decomposição aeróbia do material vegetal (OLIVEIRA et al, 2016). A decomposição é ocasionada por microrganismos que consomem a matéria orgânica na presença de oxigênio, a partir de fontes de carbono e nitrogênio (relação C/N inicial ~ 30), resultando no adubo orgânico que, além do efeito como condicionador, possui efeito fertilizante nos solos onde é aplicado (INÁCIO, 2009).

À medida que o processo ocorre, a dinâmica dos microrganismos, como bactérias e fungos, se modifica nas diversas etapas de decomposição dos materiais orgânicos, elevando a temperatura na fase termofílica, de maior intensidade de decomposição e estabilizando-a na fase mesofílica dos compostos. Tal variação de temperatura influencia a emissão de gases para a atmosfera, como os principais gases de efeito estufa (GEE), o óxido de nitroso (N_2O), o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2) (JINDO et al, 2012).

A reciclagem também é possível via pirólise, processo de carbonização lenta da biomassa, realizada na ausência de oxigênio, em temperaturas moderadas que podem variar entre 300°C e 700°C, taxas de aquecimento baixas de 0,1-1°C por segundo e tempos de residência mais longos nos reatores de 10-100 minutos, obtendo-se como produto o biocarvão (NANDA et al, 2016).

O uso do biocarvão como insumo para a agricultura tem origem nos estudos de solos férteis, ricos em carbono pirogênico, encontrados na Amazônia, as Terras Pretas de Índio (TPI), formadas por povos que carbonizavam parcialmente os resíduos orgânicos, misturavam com cacos de cerâmica e restos de comida, formando solos férteis em meio a acidez das terras amazônicas (NANDA et al, 2016; TEIXEIRA et al, 2009).

O biocarvão pode atuar como condicionador agrícola por suas propriedades de estabilidade temporal, capacidade de retenção de água e de nutrientes e, devido à sua resistência à degradação, a possibilidade de aumentar os estoques de carbono no solo (NANDA et al, 2016; SCHULZ; DUNST; GLASER, 2013). Quando incorporado ao solo, suas propriedades levam ao aumento da qualidade física da estrutura dos solos e a produtividade das culturas (GALINATO; YODER; GRANATSTEIN, 2011). As características do biocarvão dependem do tipo de biomassa e das condições de

carbonização, que combinadas devem resultar em um produto otimizado (IPPOLITO; LAIRD; BUSSCHER, 2012).

A compostagem e a pirólise podem ser eficientes formas de reciclar resíduos para utilização na agricultura, inclusive quando realizadas em conjunto, processo chamado de co-compostagem (MONDINI et al, 2016; JINDO et al, 2012). Obtidos de forma conjunta se apresentam com melhor qualidade considerando a obtenção de condicionador de solo (PROST et al, 2013; ENDERS et al, 2012; SCHULZ; GLASER, 2012).

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o desempenho de biocarvões na compostagem de resíduos orgânicos urbanos e rurais. Para isso, foram carbonizadas as biomassas e conduzida a compostagem, analisada a quantidade de microrganismos presentes nas pilhas de composto, determinada a emissão total de gases de efeito estufa durante o processo de decomposição e realizada a caracterização dos produtos obtidos.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo e coleta dos resíduos

A pesquisa foi conduzida na Embrapa Agrossilvipastoril, unidade localizada em Sinop (latitude: 11° 51' 51" S e longitude: 55° 30' 09" W), região norte mato-grossense e centro-oeste do Brasil. A classificação climática é Aw, segundo Köppen-Geiger, com temperatura média de 26,5°C, clima tropical de baixa pluviosidade no inverno (maio a setembro) e com verão chuvoso (outubro a abril).

O período em que o experimento foi conduzido apresentou elevada pluviosidade e baixas temperaturas médias diárias, com variações próximas de 25°C, conforme apresentado na figura 1.

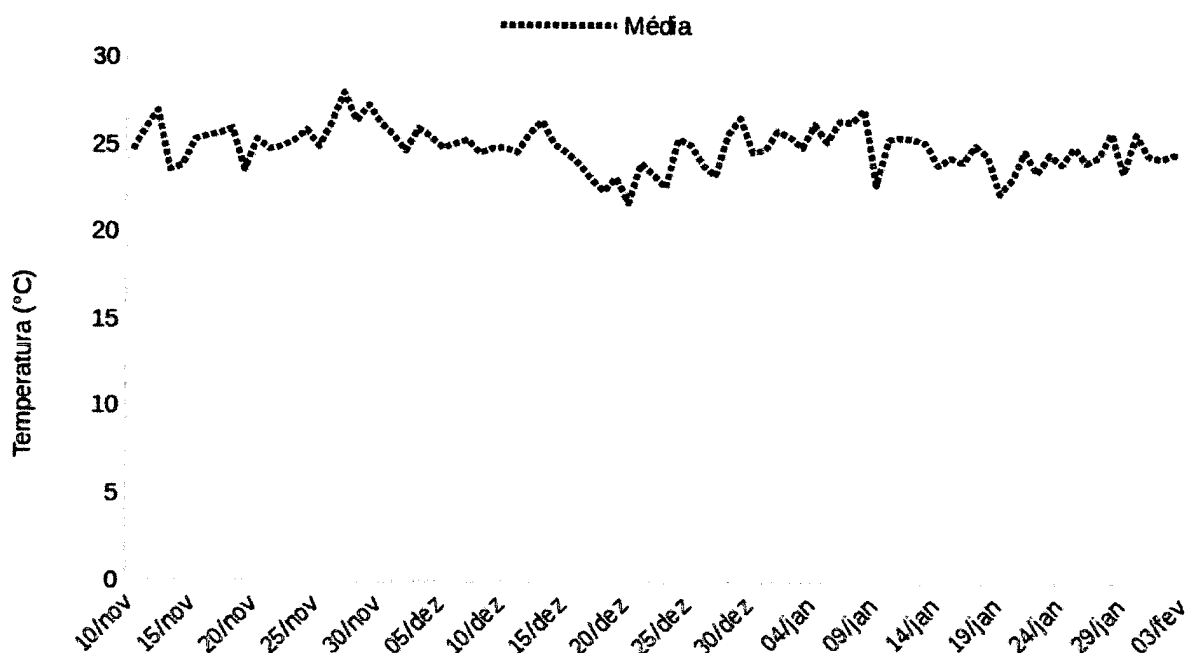


Figura 1. Variação da temperatura do ambiente durante o período do processamento dos três compostos. Dados obtidos da estação meteorológica instalada no campo da unidade Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop/MT

Os resíduos utilizados como matéria-prima foram obtidos do campo experimental da unidade (silagem de milho imprópria para o consumo animal e esterco de gado de leite), de agroindústrias da região (cama de aviário e casca de arroz) e de restaurantes da cidade (cascas de frutas, verduras e legumes crus).

2.2 Carbonização das biomassas e condução da compostagem

Os biocarvãos (B) foram produzidos em reator de pirólise de batelada, com taxa de aquecimento entre 15 e 30 minutos a cada 100°C e tempo de residência de 40 minutos quando atingida a temperatura final desejada. As quantidades adicionadas nas pilhas de composto, as biomassas utilizadas e as temperaturas de carbonização foram respectivamente: 53 litros de casca de arroz a 400°C (B1); 26,5 litros de casca de arroz a 600°C (B2) e 26,5 litros da cama de aviário a 400°C (B3).

Para o processo de compostagem, os materiais residuais (M) foram utilizados na montagem das pilhas de composto (C) nas proporções indicadas: 422 litros de silagem de milho (M1), 73 litros de esterco bovino (M2), 73 litros de cascas de vegetais crus (M3), 39 litros de cama de aviário (M4) e 53 litros de casca de arroz (M5). Na mistura destes

materiais as pilhas de composto C1, C2 e C3 ficaram conforme representado na figura 2. A quantidade total de resíduos utilizados para formar cada pilha foi 660 litros e as dimensões foram 1 metro de altura e 1,50 metro de largura na base, com formato trapezoidal.

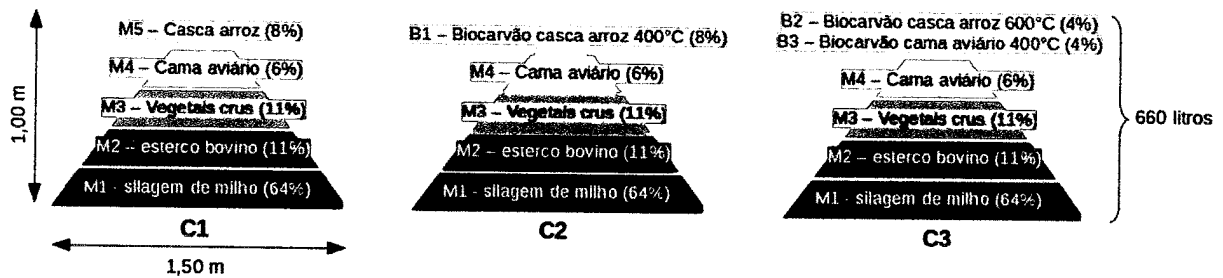


Figura 2. Metragem e volume total, materiais residuais (M) e biocarvões produzidos (B) com respectivas proporções, utilizados na montagem das pilhas de composto

Os recipientes que comportaram os compostos foram caixas d'água de 1.000 litros de material plástico. Para o ajuste da umidade, verificou-se semanalmente a quantidade de água presente no composto e quando houve escassez, procedeu-se o molhamento das pilhas. A temperatura foi medida semanalmente com o auxílio de um termômetro digital tipo espeto; para o ajuste foi feito o revolvimento das pilhas de composto, prática que auxilia na oxigenação, homogeneização e consequente estabilização dos mesmos. As pilhas foram monitoradas entre os meses de novembro de 2016 e fevereiro de 2017.

2.3 Análise da quantidade de microrganismos presentes nas pilhas de composto

A análise microbiológica consistiu na contagem de bactérias e fungos presentes nas pilhas de composto, com intervalos mensais. Foram coletadas três amostras de cada pilha em momentos distintos e feita avaliação ao longo do tempo, denominadas de quantificações Q1, Q2 e Q3, realizadas na última semana de cada mês, conforme identificado na figura 3. Em câmara de fluxo, os meios de cultura foram vertidos em placas de Petri, sendo utilizado TSA para bactérias e BDA para fungos.

Cada amostra de composto (10 g) foi diluída em Erlenmeyer com solução tampão (PBS) de pH neutro (90 mL) e homogeneizada em mesa orbital de agitação constante por uma hora. Desta suspensão, 1 mL foi transferido para microtubo contendo 9 mL de PBS, sucessivamente com diluições em série na base 10^{-1} até 10^{-5} , descartadas as duas

primeiras e utilizadas as diluições 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} , que foram transferidas com uma pipeta para as placas de Petri e espalhadas com alça de vidro esterilizada.

Cada diluição nas placas foi realizada em três réplicas. As placas foram incubadas em câmara climática BOD em condições de laboratório (28°C) e após 72 horas as unidades formadoras de colônias (UFC) foram quantificadas com o auxílio de uma lupa (SILVEIRA et al, 2002).

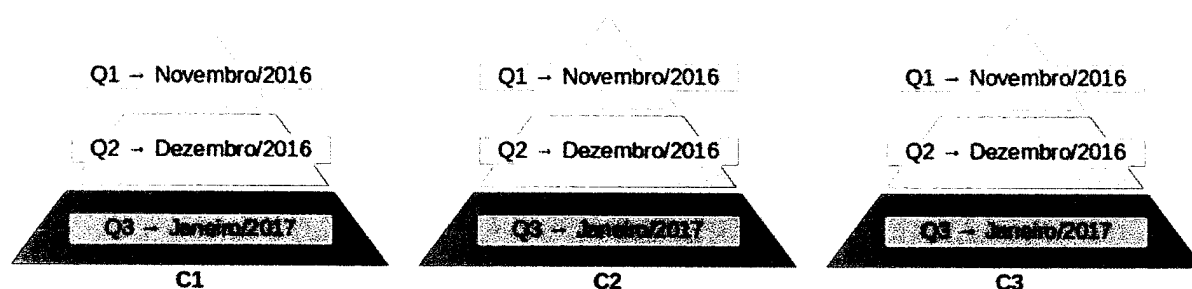


Figura 3. Intervalo da contagem de bactérias e fungos para cada pilha de composto (C), sendo as quantificações (Q) o número de coletas feitas para análise em laboratório

A análise estatística dos resultados obtidos foi realizada pelo programa SISVAR. As unidades experimentais foram no esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo 3 pilhas de composto e 3 coletas de amostras, denominadas de quantificações. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e heterocedasticidade, sendo atendidos estes pressupostos, foram então submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste Tukey a 5% de aceite de erro para comparação de médias.

2.4 Determinação da emissão total de gases de efeito estufa emitidos durante o processo de compostagem

As concentrações dos gases óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) foram determinadas utilizando câmaras com fluxo fechado de ar, feitas de tubos de cloreto de polivinil (PVC), de 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro, sendo 5 cm introduzidos na pilha de composto e 15 cm de espaço para a coleta dos gases (HAO et al, 2001). O monitoramento foi realizado entre os dias 18/11/16 e 27/01/2017, com intervalo de duas semanas entre cada coleta, totalizando sete coletas.

Foi utilizado o método de coleta por tempo progressivo (Figura 4), que consiste em capturar o ar das câmaras em seringas plásticas de 20 ml, com intervalos a partir do tempo zero para 10, 20 e 30 minutos. Foram realizadas quatro repetições em cada pilha de composto e o conteúdo das seringas foi transferido para *vial* de mesmo volume e a leitura feita em equipamento de cromatografia gasosa Shimadzu 2014.

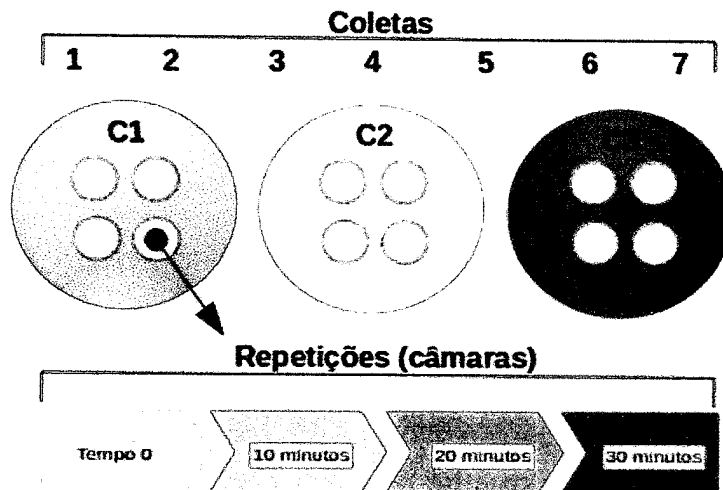


Figura 4. Número de coletas para cada pilha de composto (C), com repetições, em tempo progressivo de captura dos gases

A análise dos resultados obtidos foi por estatística não paramétrica de comparação de médias para anormalidade dos dados, realizada pelo programa R. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativo, ao teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.

2.5 Caracterização dos produtos obtidos: biocarvões e compostos

Os procedimentos padrões para a caracterização dos produtos foram a condutividade elétrica, umidade a 105°C, teor de cinzas, matéria orgânica, granulometria pH em H₂O; macronutrientes P, N, S, H, C total e C orgânico (IBI - *Biochar Standards V2.0*; SILVA, 2009).

Foram realizados procedimentos para a densidade de partículas, o pH em CaCl₂, macronutrientes K, Ca e Mg (EBC - *European Biochar Certificate V4.8*; SILVA, 2009). Fez-

se análise de micronutrientes Zn, Cu, Fe e Mn (SILVA, 2009). E identificaram-se hidrocarbonetos policíclicos aromáticos totais (HPAs) (HALE et al, 2012).

3. Resultados e discussão

3.1 Caracterização dos produtos obtidos: biocarvões e compostos

Os resultados da caracterização dos diferentes compostos (C) e biocarvões (B) estão apresentados na tabela 1. Os valores da condutividade elétrica (CE) dos materiais estão de acordo com Kiehl (1998), que apresenta que a salinidade do composto não deve exceder 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ após atingir a fase final, sendo este um dos parâmetros utilizados para avaliar o fim do processo de compostagem.

A umidade apresentada pelos compostos orgânicos foi superior do que a apresentada pelos biocarvões, infere-se que a porosidade do composto não está obstruída por seus componentes (e. g. óleo) quando comparada com os biocarvões, resultando em uma maior umidade residual.

O teor de cinzas da casca de arroz, nas duas temperaturas (B1 e B2), foi maior que o da cama de aviário (B3) que por sua vez foi maior que o valor apresentado pelos compostos orgânicos, refletindo a característica de cada matéria prima utilizada.

Os resultados de matéria orgânica apresentaram os maiores teores para os compostos orgânicos (C1, C2 e C3), seguido do biocarvão de cama de aviário (B3), considerando que o biocarvão na compostagem pode promover a atividade metabólica e aumentar a decomposição da matéria orgânica (SÁNCHEZ-GARCÍA et al, 2015).

Os valores de densidade de partícula (DP) dos compostos associados aos biocarvões foram inferiores ao composto produzido simples, representando melhor estrutura para desenvolvimento de plantas, uma vez que a DP determina a compactação de determinado solo ou substrato (MANTOVANI, 1987).

Os valores de pH dos compostos associados aos biocarvões foram mais elevados em comparação ao composto sem biocarvão, fator também identificado por Sánchez-García et al (2015). Todos os biocarvões se apresentaram com pH alcalino, e de acordo com Nanda et al (2016) a aplicação de biocarvão em solos neutros ou ácidos tende a aumentar o pH.

Tabela 1. Caracterização dos biocarvões (B) e compostos (C) para condutividade elétrica (CE), umidade (U), teor de cinzas (TC), matéria orgânica (MO), densidade de partículas (DP) e pH em CaCl_2 e em H_2O , onde os biocarvões são B1 de casca de arroz a 400°C , B2 de casca de arroz a 600°C e B3 de cama de aviário a 400°C , sendo os compostos C1 produzido simples, C2 produzido com B1 e C3 produzido com B2+B3

	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	U (%)	TC (%)	MO (%)	DP (g/cm^3)	pH CaCl_2	pH H_2O
B1	374,95	3,07	75,10	24,90	1,45	9,86	10,51
B2	629,40	6,18	73,77	26,23	1,47	9,93	10,54
B3	5,87	4,74	50,45	49,55	2,81	9,00	9,52
C1	987,40	33,66	36,57	63,43	5,13	6,67	7,47
C2	990,15	32,42	38,89	61,11	2,73	7,01	7,73
C3	1.079,25	41,06	38,69	61,31	1,82	7,36	8,32

Os resultados da granulometria dos diferentes componentes estão apresentados figura 5. A granulometria define as proporções dos diversos tamanhos de partículas que compõem determinado material, e para os três compostos (C1, C2 e C3) apresentaram valores aproximados na distribuição gravimétrica, com maiores concentrações em partículas maiores que 2 mm.

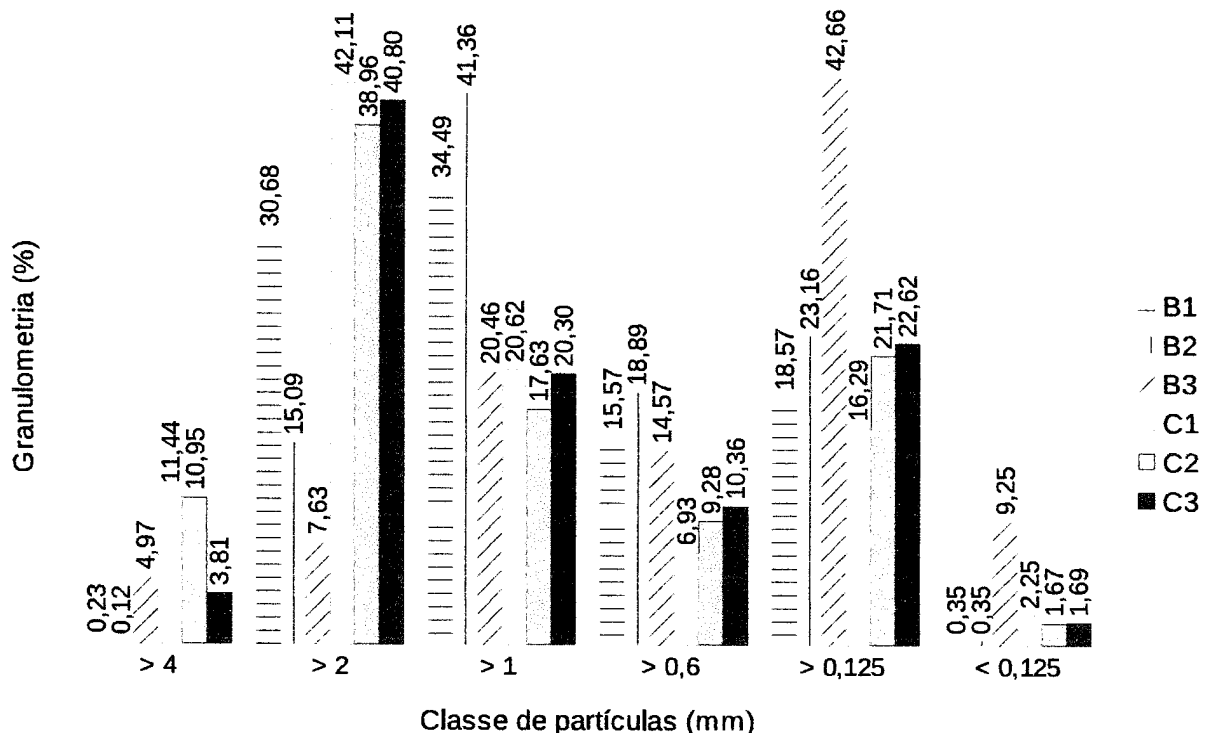


Figura 5. Distribuição do tamanho de partículas (granulometria) dos compostos (C) e biocarvões (B), onde C1 é o composto produzido simples, C2 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 400°C (B1) e C3 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 600°C (B2) e biocarvão cama de aviário a 400°C (B3)

No caso dos biocarvões, a granulometria está diretamente relacionada ao tipo de matéria prima e da temperatura utilizada para obtenção do produto. Observa-se na figura 5 que o aumento da temperatura de pirólise da casca de arroz 400°C (B1) para 600°C (B2), provoca a diminuição pela metade do tamanho de partículas maiores que 2 mm no material submetido a maior temperatura, fator também relatado por Downie et al (2009).

Comparando a gravimetria do biocarvão de casca de arroz (B1) com o biocarvão da cama de aviário (B3), que foram submetidos a mesma temperatura, são registradas variações do tamanho de partículas na maioria das classes, exceto em maiores que 0,6 mm, o que pode ser atribuído as características dos materiais de origem utilizado na pirólise. Os resultados de teor de nutrientes, composição elementar e HPAs estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização dos biocarvões (B) e compostos (C) para HPAs, carbono total, carbono orgânico, macronutrientes e micronutrientes, relação H/C e C/N, onde os biocarvões são B1 de casca de arroz a 400°C, B2 de casca de arroz a 600°C e B3 de cama de aviário a 400°C, sendo os compostos C1 produzido simples, C2 produzido com B1 e C3 produzido com B2+B3

	HPAs (mg/kg)	C _{total} (%)	C _{orgânico} (%)	H (%)	H/C _{orgânico}
B1	0,3707	64,85	62,59	2,73	0,04
B2	0,2194	63,53	62,50	1,62	0,03
B3	0,2005	35,81	29,92	2,67	0,09
C1	0,0479	16,30	13,43	2,86	0,21
C2	0,0475	17,61	15,15	3,16	0,21
C3	0,0747	17,31	13,49	2,89	0,21

	N (%)	P (g/kg)	K (g/kg)	S (%)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	C _{orgânico} /N
B1	0,86	1,24	3,06	0,07	1,52	0,91	72,78
B2	0,61	1,27	2,65	0,05	1,34	0,91	102,46
B3	3,05	30,14	48,12	0,87	43,19	14,33	9,81
C1	1,40	2,36	5,44	0,27	4,96	2,21	9,59
C2	1,38	3,00	6,16	0,26	5,65	2,51	10,98
C3	1,36	3,73	9,41	0,27	9,11	3,00	9,92

	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
B1	27	31	28	138
B2	24	4	4	122
B3	274	54	749	398
C1	22	3	327	42
C2	27	4	315	57
C3	40	15	422	85

Os valores de componentes contaminantes, como os HPAs observados neste estudo, ficaram abaixo do valor considerado prejudicial a cultivos agrícolas; segundo a *International Biochar Initiative* (IBI), o valor de referência máximo permitido é de 6 a 300

mg/kg. Os teores tanto de macro quanto de micronutrientes foram mais altos nos biocarvões de cama de aviário e, conseqüentemente, no composto C3.

Os teores de carbono total e orgânico dos biocarvões obtidos da casca de arroz, nas duas temperaturas, foram maiores do que 50%, já o teor para a cama de aviário ficou abaixo desse valor, entretanto, conforme Camps-Arbestain et al (2015), é requerido um teor mínimo de 10% para um material carbonizado ser considerado um biocarvão.

De acordo com Camps-Arbestain et al (2015), o valor menor do que 0,4 da razão H/C correspondente aos três biocarvões revela a alta estabilidade do carbono orgânico nestes materiais, caracterizando maior persistência deste carbono ao longo do tempo.

A relação C/N, fator fundamental para a estabilização de compostos, foi maior na compostagem combinada ao biocarvão de casca de arroz, fonte rica em carbono, que é usado como fonte de energia para as células microbianas, ao passo que o biocarvão de cama de aviário é fonte de nitrogênio, responsável pela formação das proteínas, e tende a diminuir essa relação (INÁCIO, 2009).

3.2 Condução da compostagem

O tempo desde a montagem até a obtenção dos compostos orgânicos foi de 120 dias e o rendimento foi de 120 kg para C1 e C2 e 144 kg para C3. Diversos fatores indicam a estabilização do composto, tais como a relação C/N, a condutividade elétrica, a temperatura, a umidade, o pH, o nitrogênio e o tamanho das partículas.

Os compostos associados aos biocarvões tiveram valores de pH acima de 7,5 que segundo Ribeiro et al (2017), podem resultar em odor desagradável pela volatilização de amônia, e a conseqüente perda de nitrogênio, refletindo as baixas porcentagens de N.

As variações de temperatura das três pilhas de compostagem no período estão apresentadas na figura 6. As três pilhas de composto apresentaram mesmo padrão de evolução da temperatura.

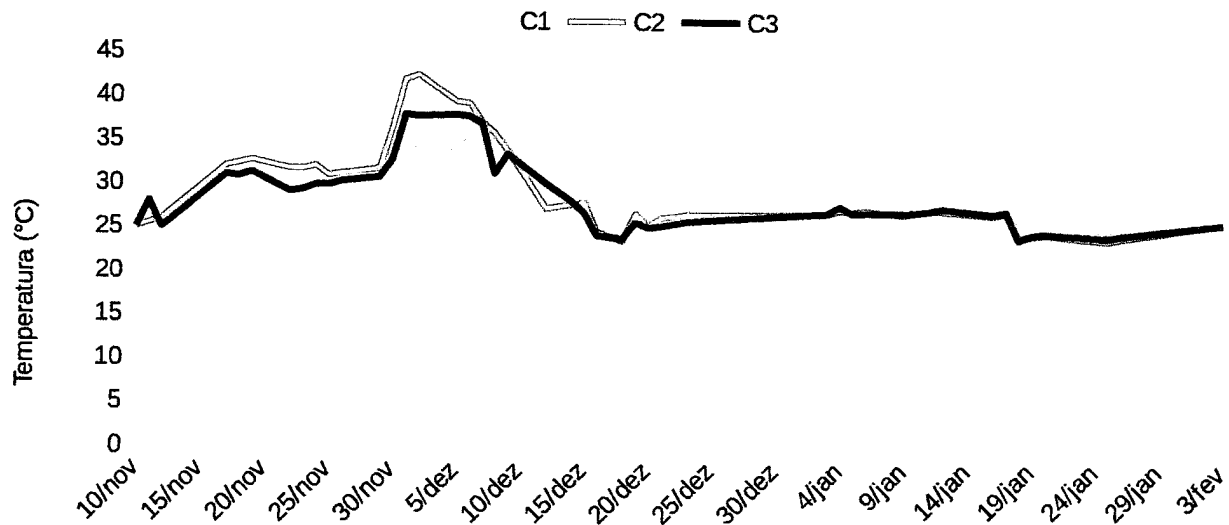


Figura 6. Variação da temperatura ao longo do processo para os três compostos, onde C1 é o composto produzido simples, C2 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 400°C e C3 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 600°C e biocarvão cama de aviário a 400°C

O perfil de temperatura das pilhas indicou picos ao fim do primeiro mês, e apresentaram temperaturas máximas abaixo de 45°C, valor inferior ao mínimo determinado para a fase termofílica necessária à redução de agentes patogênicos, conforme disposto pela resolução nº 481/2017 do CONAMA, entretanto as características sensoriais, como o odor de terra e a cor escura, os valores da relação C/N e da condutividade elétrica e a homogeneidade dos materiais indicaram a estabilização dos compostos.

3.3 Análise da quantidade de microrganismos presentes nas pilhas de composto

Os resultados das quantificações estão apresentados na tabela 3 para bactérias e na tabela 4 para fungos, pois na transformação da matéria orgânica, no processo de compostagem, fungos e bactérias são os primeiros decompositores da biota presente no composto (LEHMANN et al, 2011). A variação da proliferação deve-se a sensibilidade dos organismos ao se desenvolverem no ambiente.

A pilha de composto sem biocarvão (C1) apresentou maior quantidade de bactérias e fungos na primeira quantificação (Q1) do que nas demais (Q2 e Q3), fato relacionado a

relação C/N, elevada pela presença da casca de arroz na pilha, que decai durante o processo como consequência da estabilização da matéria orgânica (JINDO et al, 2012).

A pilha de composto em associação ao biocarvão casca de arroz a 400°C (C2), apresentou maior quantidade de bactérias na terceira quantificação (Q3) e nenhum fungo na segunda quantificação (Q2), considera-se que a comunidade microbiana das pilhas pode sofrer *stress* associado ao biocarvão, potencialmente devido ao seu efeito recalitrante (JINDO et al, 2016; JINDO et al, 2012).

Houve variação de quantidade de fungos entre as três quantificações para a pilha de composto combinada a dois biocarvões de casca de arroz a 600°C e cama de aviário a 400°C (C3), com maior quantidade na inicial (Q1), seguida da final (Q3), infere-se que diferentes biocarvões podem influenciar o aumento ou diminuição microbiana, e a cama de aviário é um material rico em componentes derivados de proteína, como o nitrogênio, que influencia o crescimento de microrganismos (VAN ZWIETEN et al, 2010).

Tabela 3. Quantificações mensais de bactérias em TSA (Q1, Q2 e Q3) e unidade formadora de colônia (UFC) por grama de composto úmido para os três compostos, onde C1 é o composto produzido simples, C2 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 400°C e C3 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 600°C e biocarvão cama de aviário a 400°C

	C1	C2	C3
Q1	225,55* aA**	9,78 bB	1,95 aB
Q2	3,11 bA	2,57 bA	4,23 aA
Q3	101,04 bA	176,84 aA	92,49 aA

*Médias x 10⁶ de UFC g⁻¹ composto

**Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não se diferenciam pelo teste de Tukey (5%)

Coefficiente de Variação = 92,43%

Tabela 4. Quantificações mensais de fungos em BDA (Q1, Q2 e Q3) e unidade formadora de colônia (UFC) por grama de composto úmido para os três compostos, onde C1 é o composto produzido simples, C2 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 400°C e C3 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 600°C e biocarvão cama de aviário a 400°C

	C1	C2	C3
Q1	25,35* aA**	18,83 aA	26,98 aA
Q2	6,86 bA	0,00 bC	3,98 cB
Q3	4,32 bA	8,51 aA	7,90 bA

*Médias x 10⁶ de UFC g⁻¹ composto

**Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não se diferenciam pelo teste de Tukey (5%)

Coefficiente de Variação = 116, 64%

Na primeira quantificação (Q1), a maior quantidade de bactérias foi observada na pilha de composto sem biocarvão (C1) do que nas pilhas com os diferentes biocarvões (C2 e C3). A segunda quantificação (Q2) apresentou variação da quantidade de fungos entre as três pilhas, com maior quantidade em C1 e menor quantidade em C2. A maior quantidade presente no composto simples está relacionado a matéria orgânica, abundante nos resíduos orgânicos, servir de habitat aos microrganismos (SCHULZ; DUNST; GLASER, 2013).

Quantidades de fungos e bactérias menores observadas na compostagem com biocarvão estão relacionadas ao fato de que a estabilidade química dos biocarvões faz com que o carbono e o nitrogênio presentes em sua composição ocorram de forma não mineralizada, fator limitante para o crescimento metabólico dos microrganismos no solo (NANDA et al, 2016).

3.4 Determinação da emissão total de gases de efeito estufa durante o processo de compostagem

Os resultados das emissões totais de gases de efeito estufa óxido nitroso, metano e dióxido de carbono para cada pilha de composto estão apresentados na tabela 5.

Na pilha de composto com biocarvão de casca de arroz a 400°C (C2) observou-se a maior emissão de N₂O, a emissão deste gás é associada a processos microbianos que são regulados pela quantidade de nitrogênio mineral, pela presença de fontes de carbono disponível e pela concentração de oxigênio na compostagem (SÁNCHEZ-GARCÍA et al, 2015). O efeito recalcitrante do biocarvão, fonte de carbono estável, influencia a perda de

nitrogênio (N), já quando se perde carbono na forma de CO₂, há o aumento relativo no conteúdo de nitrogênio, por menor volatilização (RIBEIRO et al, 2017).

O composto com biocarvão de casca de arroz a 600°C e de cama de aviário a 400°C (C3) apresentou a menor taxa de emissão do gás N₂O, nesse sentido Sánchez-García et al (2015) discutem resultados favoráveis a mineralização de N na aplicação de biocarvão na compostagem de resíduos rurais. Já Van Zwieten et al (2010) afirmam que a matéria-prima constante no composto e a temperatura de carbonização implicam em mudanças na estrutura do produto, sendo a cama de aviário fonte rica em nitrogênio.

Tabela 5. Emissão total de Gases de Efeito Estufa para os três compostos, onde C1 é o composto produzido simples, C2 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 400°C e C3 é o composto produzido com biocarvão casca de arroz a 600°C e biocarvão cama de aviário a 400°C

	N ₂ O (mg N-N ₂ O)	CH ₄ (mg C-CH ₄)	CO ₂ (g C-CO ₂)
C1	608 ab ^a	6.521 a	1.589 a
C2	804 a	4.773 ab	1.262 a
C3	411 b	1.663 b	1.240 a
DP ^b	58,4	826,2	106,3
CV (%) ^c	9,6	19,1	7,8
DMS ^d	334,9	4.734	609,3

^aMédias seguidas de mesmas letras na coluna não se diferenciam pelo teste de Tukey (5%)

^bDesvio Padrão

^cCoefficiente de Variação

^dDiferença Mínima Significativa

A pilha de composto sem biocarvão (C1) apresentou a maior emissão de CH₄ e C3 apresentou a menor. Segundo Sánchez-García et al (2015) a produção deste gás durante a compostagem é principalmente associada a anaerobiose, sendo assim, efeitos positivos do biocarvão na redução de GEE podem ser atribuídos a sua natureza porosa, que facilita a aeração do composto (MONDINI et al, 2016; SÁNCHEZ et al, 2015).

Não houve diferença entre as pilhas para o CO₂, fato também observado pelos autores Hao (2007) e Sánchez-García et al (2015). Frequentemente a produção de dióxido de carbono (CO₂) é utilizada como índice respirométrico da atividade dos microrganismos (SÁNCHEZ-GARCÍA et al, 2015).

É importante salientar que em termos de aquecimento global, o CO₂ possui seu carbono fixado biologicamente (i. e. retirado da atmosfera na formação de biomassa) e os gases óxido nitroso (N₂O) e o metano (CH₄) possuem um potencial de aquecimento global, respectivamente, 235 e 25 vezes maior que o CO₂ (SÁNCHEZ et al, 2015).

4. Conclusão

A pilha de composto sem adição de biocarvão mostrou maior quantidade de fungos e bactérias ao longo do processo de compostagem, bem como a maior emissão total de CH₄, fato relacionado ao volume de carbono consumido pelos microrganismos no processo de decomposição da casca de arroz, pois o material, quando carbonizado, torna o carbono recalcitrante. O composto combinado a dois tipos de biocarvão, da casca de arroz a 600°C e cama de aviário a 400°C, apresentou a menor emissão total de gases de efeito estufa no processo de decomposição. Os valores da relação C/N e da condutividade elétrica indicaram a estabilização dos compostos. Os biocarvões apresentaram potencial efeito de neutralização, devido aos valores de pH maiores que 7 nas pilhas de composto associadas aos biocarvões.

Agradecimentos: a FAPEMAT e ao CNPq pelo apoio financeiro, aos pesquisadores e técnicos da Embrapa Agrossilvipastoril pela estrutura no decorrer da pesquisa e aos professores na Universidade Federal de Mato Grosso pelo suporte acadêmico.

5. Referências

BRASIL, Resolução CONAMA n° 481, de 03 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. n.191 de 04 de outubro de 2017.

CAMPS-ARBESTAIN, M.; AMONETTE, J.E.; SINGH, B.; WANG, T.; SCHMIDT, H.P. A biochar classification system and associated test methods. In: Biochar Environmental Management Science Technology Implementation. Routledge, p. 165-193, 2015.

CHAVES, G. de L.D.; SANTOS JR, J.L dos.; ROCHA, S.M.S. The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: a Brazilian case review. Waste Management and Research. Vol. 32, p. 19-31, 2014.

DOWNIE, A.; MUNROE, P.; CROSKY, A. Chapter 2: characteristics of biochar – Physical and structural properties. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan, p. 13-29, 2009.

ENDERS, A.; HANLEY, K.; WHITMAN, T.; JOSEPH, S.; LEHMANN, J. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. Bioresource Technology. Vol. 114, p. 644-653, 2012.

EUROPEAN BIOCHAR CERTIFICATE – EBC. Comparison of European Biochar Certificate Version 4.8 and IBI Biochar Standards Version 2.0. Acesso em 12/06/2017, obtido em: <http://www.european-biochar.org/en/home>.

GALINATO, S.P.; YODER, J.K.; GRANATSTEIN, D. The economic value of biochar in crop production and carbon sequestration. *Energy Policy*. Vol. 39, p. 6344-6350, 2011.

HAO, X. Nitrate accumulation and greenhouse gas emissions during compost storage. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Vol. 78, n. 2, p. 189-195, 2007.

HAO, X.; CHANG, C.; LARNEY, F.J.; TRAVIS, G.R. Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 30, p. 376-386, 2001.

INÁCIO, C. de T. *Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos*. Embrapa Solos, 2009.

INTERNATIONAL BIOCHAR INICIATIVE – IBI. Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil. Acesso em: 12/06/2017, obtido em: <http://www.biochar-international.org/characterizationstandard>.

IPPOLITO, J.A.; LAIRD, D.A.; BUSSCHER, W.J. Environmental benefits of biochar. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 41, p. 967-972, 2012.

JINDO, K.; SONOKI, T.; MATSUMOTO, K.; CANELLAS, L.; ROIG, A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A. Influence of biochar addition on the humic substances of composting manures. *Waste Management*, n.49, p. 545-552, 2016.

JINDO, K.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C.; FURUKAWA, T.; MATSUMOTO, K.; SONOKI, T.; BASTIDA, F. Biochar influences the microbial community structure during manure composting with agricultural wastes. *Science of the Total Environment*. Vol. 416, p. 476-481, 2012.

KIEHL, E.J. *Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba: Esalq, 171p. 1998.

LEHMANN, J.; RILLIG, M.C.; THIES, J.; MASIELLO, C.A.; HOCKADAY, W.C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 43, p. 1812-1836, 2011.

MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.52-55, 1987

MASULLO, A. Organic wastes management in a circular economy approach: rebuilding the link between urban and rural areas. *Ecological Engineering*. Vol. 101, p. 84-90, 2017.

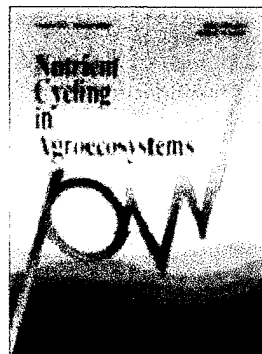
MONDINI, C., SINICCO, T.; VANDECASTEELE, B.; D'HOSE, T. Potential of biochar in composting: effects on process performance and greenhouse gas emissions. In: III International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in

- Horticulture, Spain. Anais... Bélgica: ISHS Acta Horticulturae. Vol. 1, n. 1146, p. 251-256, 2016.
- NANDA, S.; DALAI, A.K.; BERRUTI, F.; KOZINSKI, J.A. Biochar as an exceptional bioresource for energy, agronomy, carbon sequestration, activated carbon and specialty materials. *Wast and Biomass Valorization*. Vol. 7, p. 201-235, 2016.
- OLIVEIRA, L.S.B.L.; OLIVEIRA, D.S.B.L.; BEZERRA, B.S.; PEREIRA, B.S.; BATTISTELLE, R.A.G. Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *Journal of Cleaner Production*. p. 1-9, 2016.
- PROST, K.; BORCHARD, N.; SIEMENS, J.; KAUTZ, T.; SÉQUARIS, J.; MÖLLER, A.; AMELUNG, W. Biochar affected by composting with farmyard manure. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 42, p. 164-172, 2013.
- RIBEIRO, N. de Q.; SOUZA, T.P.; COSTA, L.M.A.S.; CASTRO, C.P.; DIAS, E.S. Microbial additives in the composting process. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v.41, n2, p.159-168, 2017.
- SÁNCHEZ, A.; ARTOLA, A.; FONT, X.; GEA, T.; BARRENA, R.; GABRIEL, D.; SANCHÉZ-MONEDERO, M.A.; ROIG, A.; CAYUELA, M. L.; MONDINI, C. Greenhouse gas emissions from organic waste composting. *Environmental Chemistry Letters*. Vol. 13, p. 223-238, 2015.
- SÁNCHEZ-GARCÍA, M.; ALBURQUERQUE, J.A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A.; ROIG, A.; CAYUELA, M.L. Biochar accelerate organic matter degradation and enhances N mineralisation during composting of poultry manure without a relevant impact on gas emissions. *Bioresource Technology*, 2015.
- SCHULZ, H.; DUNST, G.; GLASER, B. Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 33, p. 817-827, 2013.
- SCHULZ, H.; GLASER, B. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*; Vol. 175, p. 410-422, 2012.
- SILVEIRA, E.B; RODRIGUES, V.J.L.B.; GOMES, A.M.A.; MARIANO, R.L.R.; MESQUITA, J.C.P. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v.20, n.2, p. 211-216, 2002.
- TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C.; MADARI, B.E.; LIMA, H.N.; WOODS, W. As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. *Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental*, 420p. 2009.
- VAN ZWIETEN, L.V.; KIMBER, S.; MORRIS, S.; CHAN, K.Y., DOWNIE, A.; RUST J.; JOSEPH S.; COWIE, A. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*. Vol. 327, p. 235-246, 2010.

CAPÍTULO 2*

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE BIOCARVÕES ASSOCIADOS A COMPOSTAGEM DE
RESÍDUOS ORGÂNICOS URBANOS E RURAIS

*Artigo redigido de acordo com as normas da revista *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, a qual será submetido para publicação. Normas em anexo na página 52.



Nutrient Cycling in Agroecosystems

Editor-in-Chief: Johannes Lehmann

ISSN: 1385-1314 (print version)

ISSN: 1573-0967 (electronic version)

Avaliação da toxicidade de biocarvões associados a compostagem de resíduos orgânicos urbanos e rurais

Tatiana Alvarez Vian¹, Lucélia Nobre Carvalho¹, Ednaldo Antônio de Andrade², Fabiana Abreu de Rezende³

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* de Sinop, Mato Grosso, Brasil.

²Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* de Sinop, Mato Grosso, Brasil.

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

Correspondência do autor: Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* de Sinop, avenida Alexandre Ferronato, 1.200, CEP: 78550-728, Sinop, Mato Grosso, Brasil. Tel: +55 (66) 99685-5089.

Endereços de e-mail: tatianavian@gmail.com (T.A. Vian), carvalhoLn@yahoo.com.br (L.N. Carvalho), fabiana.rezende@embrapa.br (F.A. Rezende), ednaldosnp@gmail.com (E.A. ANDRADE).

Resumo

O avanço na busca por sistemas que otimizem as fontes de nutrientes na agricultura é fundamental. A compostagem é a técnica de reciclagem de matéria orgânica, que resulta no produto de efeito fertilizante. O biocarvão é um material de utilização agrícola, produto da pirólise cuja composição e as condições de carbonização influenciam as características e níveis de toxinas. O objetivo deste estudo foi avaliar a toxicidade dos biocarvões associados a compostagem e, para isso, foram utilizados testes de germinação de sementes sensíveis e do comportamento de minhocas em relação a preferência pelos produtos. Os biocarvões provenientes da casca de arroz, carbonizada tanto a 400°C como a 600°C não indicaram toxicidade quanto a germinação de sementes de rabanete. A associação do composto com os biocarvões de casca de arroz a 600°C e de cama de aviário a 400°C não demonstrou efeito de fuga para minhocas *Eisenia fetida*.

Palavras-chave: Reciclagem, Matéria Orgânica, Germinação, Minhocas.

Agradecimentos: a FAPEMAT e ao CNPq pelo apoio financeiro, aos pesquisadores e técnicos da Embrapa Agrossilvipastoril pela estrutura no decorrer da pesquisa e aos professores na Universidade Federal de Mato Grosso pelo suporte acadêmico.

1. Introdução

As atividades de produção e consumo de alimentos geram volumes crescentes de resíduos orgânicos, provenientes dos meios rurais e urbanos, que acarretam em problemas ambientais, exigindo formas apropriadas de disposição (CHAVES; SANTOS; ROCHA, 2014). O avanço na busca por sistemas que otimizem as fontes de nutrientes na

agricultura faz-se fundamental, devido ao uso intensivo de fertilizantes químicos consumirem recursos escassos e também esgotarem a qualidade natural do solo (PRIMAVESI, 2016).

Gera-se valor para a matéria orgânica inicialmente desperdiçada, quando utilizada como insumo na agricultura, contribuindo para a redução da poluição ambiental. O valor está no caráter cíclico da reciclagem, que perpassa desde o início da cadeia produtiva de alimentos, com a geração de perdas e desperdícios na produção e consumo, que devem ser recuperados em processos que resultem em adubos orgânicos, os quais retornam ao ciclo produtivo de forma sustentável (MASULLO, 2017).

A compostagem é a técnica de reciclagem de nutrientes, amplamente difundida e acessível no reúso de resíduos, que consiste na decomposição aeróbia do material vegetal, por microrganismos que consomem a matéria orgânica na presença de oxigênio (OLIVEIRA et al, 2016). Resulta em adubo que, além do efeito como condicionador da estrutura do solo, possui efeito fertilizante onde é aplicado.

A reciclagem da biomassa também é possível via pirólise, processo de carbonização lenta da biomassa, realizada na ausência de oxigênio, em temperaturas moderadas que podem variar entre 300°C e 700°C, taxas de aquecimento baixas de 0,1-1°C por segundo e tempos de residência mais longos nos reatores de 10-100 minutos, tendo como produto o biocarvão (NANDA et al, 2016).

O uso de biocarvão como insumo agrícola é originado por estudos de solos férteis, de características complexas e heterogêneas, ricos em carbono pirogênico encontrados na Amazônia, as Terras Pretas de Índio (TPI), formadas por povos que carbonizavam parcialmente os resíduos orgânicos, misturavam com cacos de cerâmica e restos de comida, formando solos férteis em meio a acidez das terras amazônicas (MONDINI et al, 2016; SCHULZ; DUNST; GLASER, 2013).

Por apresentar propriedades como a capacidade de retenção de água e de nutrientes, o biocarvão atua como condicionador de solo, e devido à sua estabilidade temporal, há a possibilidade de aumento dos estoques de carbono no solo (NANDA et al, 2016; TEIXEIRA et al, 2009). Ao ser considerado um material fertilizante, a composição da biomassa e as condições de carbonização influenciam as características e níveis de toxinas dos biocarvões (GONDEK et al, 2017; HALE et al, 2012; IPPOLITO; LAIRD; BUSSCHER, 2012).

O uso seguro de biocarvões no ambiente está relacionado ao conhecimento de sua composição química, como a degradação ou a criação de componentes e a mobilização de elementos, e de seus efeitos em organismos vivos (GONDEK et al, 2017). O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a toxicidade dos biocarvões associados a compostagem e, para isso, foi utilizado testes de germinação de sementes sensíveis e do comportamento de minhocas em relação a preferência pelos produtos.

2. Materiais e métodos

2.1 Caracterização dos biocarvões e dos compostos

Foram produzidos três variações de biocarvões (B), a partir de resíduos rurais (casca de arroz e cama de aviário), e combinados a duas, de três pilhas de composto de resíduos de origem urbana (vegetais crus de restaurantes) e agroindustriais (silagem de milho, esterco bovino, cama de aviário e casca de arroz), conforme figura 1. Importante salientar que a silagem utilizada foi proveniente de material impróprio para consumo animal.

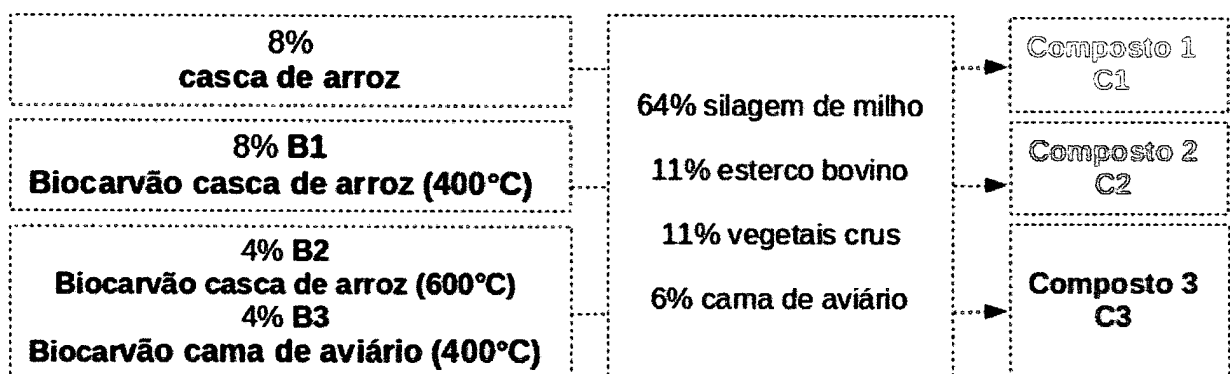


Figura 1. Diagrama das proporções dos materiais utilizados nos três compostos (C) e biocarvões (B) e as respectivas temperaturas de carbonização

Os procedimentos padrões realizados para a caracterização dos produtos, foram pH em H₂O; macronutrientes P, N, S, H, C total e C orgânico (IBI - *Biochar Standards* V2.0; SILVA, 2009). Foram identificados os macronutrientes K, Ca e Mg (EBC - *European Biochar Certificate* V4.8; SILVA, 2009).

Fez-se análise de micronutrientes Zn, Cu, Fe e Mn (SILVA, 2009). E identificaram-se os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos totais (HPAs) (HALE et al, 2012). Os valores estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização dos biocarvões (B) e compostos (C) para pH (H₂O), HPAs, carbono total, carbono orgânico, macronutrientes e micronutrientes, matéria orgânica (MO) e C/N, onde os biocarvões são B1 de casca de arroz a 400°C, B2 de casca de arroz a 600°C e B3 de cama de aviário a 400°C, sendo os compostos C1 produzido simples, C2 produzido com B1 e C3 produzido com B2+B3

	pH	HPAs (mg/kg)	C _{total} (%)	C _{orgânico} (%)	H (%)	MO (%)
B1	10,51	0,3707	64,85	62,59	2,73	24,90
B2	10,54	0,2194	63,53	62,50	1,62	26,23
B3	9,52	0,2005	35,81	29,92	2,67	49,55
B2+B3	9,79	0,2433	43,38	39,10	2,41	41,77
C1	7,47	0,0479	16,30	13,43	2,86	63,43
C2	7,73	0,0475	17,61	15,15	3,16	61,11
C3	8,32	0,0747	17,31	13,49	2,89	61,31

	N (%)	P (g/kg)	K (g/kg)	S (%)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	C _{orgânico} /N
B1	0,86	1,24	3,06	0,07	1,52	0,91	72,78
B2	0,61	1,27	2,65	0,05	1,34	0,91	102,46
B3	3,05	30,14	48,12	0,87	43,19	14,33	9,81
B2+B3	2,51	21,40	35,36	0,65	33,81	10,43	15,58
C1	1,40	2,36	5,44	0,27	4,96	2,21	9,59
C2	1,38	3,00	6,16	0,26	5,65	2,51	10,98
C3	1,36	3,73	9,41	0,27	9,11	3,00	9,92

	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
B1	27	31	28	138
B2	24	4	4	122
B3	274	54	749	398
B2+B3	156	25	601	348
C1	22	3	327	42
C2	27	4	315	57
C3	40	15	422	85

2.2 Teste de germinação de sementes sensíveis

O teste de toxicidade para verificar a germinação de sementes foi realizado segundo a metodologia do IBI (*Technical Bulletin #104*). Os parâmetros verificados para a germinação foram a porcentagem de germinação, o índice de velocidade de emergência (IVE), a massa fresca e a massa seca das plântulas (SILVA JUNIOR et al, 2015).

O experimento foi desenvolvido em laboratório, com temperatura média de 28°C, irrigação manual 2 a 3 vezes ao dia com pulverizador e cobertura plástica para retenção de umidade. Foram utilizadas placas de Petri, sendo adicionado 12,5 mL de solo puro

autoclavado e homogeneizado com 12,5 mL dos seguintes tratos: testemunha, B1, B2, B3, B2+B3, C1, C2 e C3.

Foi utilizado como testemunha o substrato comercial (SC) da marca Verde Forte®, que possui em sua composição: bagaço de cana, torta de filtro, esterco de gado curtido, farelo de arroz, farelo de soja, feno e calcário, ainda apresenta: matéria orgânica (30%), relação C/N (13/1), nitrogênio (1,7–1,9%), fósforo (0,7-0,9%), potássio (1,3-1,5%), cálcio (2,0-2,5%) e pH (7-8).

Foram adicionadas 20 sementes de rabanete em cada mistura, totalizando 640 sementes. O experimento consistiu na contagem diária de emissão de radícula 1 dia após a semeadura (DAS) até completar 6 dias. A pesagem do conteúdo de cada placa foi em balança analítica da massa fresca, seguida de estufa por 72 horas a 65°C e nova pesagem da massa seca (FARIA; GOMES; SILVA, 2013; PEREIRA et al, 2011).

A análise estatística dos resultados obtidos foi realizada pelo programa SISVAR. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com 8 tratamentos e 4 repetições, totalizando 32 unidades amostrais. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e heterocedasticidade, sendo atendidos estes pressupostos, foram então submetidos a análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Skott-Knott a 5% de aceite de erro.

2.3 Teste do comportamento de minhocas em relação a preferência pelos produtos

O teste de toxicidade para identificar o comportamento de minhocas foi a partir da metodologia do IBI (*Technical Bulletin #104*). Foram utilizadas 192 minhocas vermelhas (*Eisenia fetida*). A montagem foi em laboratório com temperatura média de 28°C, em caixas *gerbox*, com lâminas plásticas como separadores centrais e tampas de papel filtro perfuradas para ventilação.

Todas as caixas foram divididas ao meio, com o lado direito testemunha solo puro autoclavado (75 mL) e lado esquerdo com a mistura de 50 mL de solo autoclavado e 25 mL dos seguintes tratos: SC, B1, B2, B3, B2+B3, C1, C2 e C3.

Ambos os lados foram umedecidos e homogeneizados e seis minhocas colocadas ao centro de cada caixa *gerbox*. Após 48 horas foi feita a contagem usando bandejas

plásticas para despejo de cada lado separadamente (VAN ZWIETEN et al, 2010). A análise estatística dos resultados obtidos foi realizada conforme citado no item 2.2.

3. Resultados e discussão

3.1 Teste de germinação de sementes sensíveis

Os resultados dos parâmetros de germinação estão apresentados na tabela 2, sendo o uso de sementes de rabanete sugerido por Chan et al (2008) devido a sua sensibilidade a elementos contaminantes de solos, de compostos e biocarvões, como os HPAs, que neste estudo ficaram abaixo do valor considerado prejudicial a cultivos agrícolas, de 6 a 300 mg/kg segundo a *International Biochar Initiative* (IBI).

A associação dos biocarvões de casca de arroz a 600°C e cama de aviário a 400°C ao composto (C3) apresentou os maiores teores de potássio, magnésio e micronutrientes (Tabela 1), que são ativadores de enzimas responsáveis pela metabolização rápida nas plantas (PRIMAVESI, 2016).

A relação C/N foi maior na compostagem com adição do biocarvão de casca de arroz, fonte rica em carbono, ao passo que o biocarvão de cama de aviário é fonte de nitrogênio e diminui essa relação. Os teores de carbono foram mais altos nos biocarvões da casca de arroz nas duas temperaturas, quando comparada com a cama de aviário, também devido à natureza da matéria-prima.

Conforme caracterização da tabela 1, as três pilhas de composto apresentaram elevadas porcentagens de matéria orgânica, bem como o aumento de nutrientes quando se adicionou o biocarvão de cama de aviário e o aumento de pH quando se adicionou os diferentes biocarvões, corroborando com Schulz, Dunst e Glaser (2013) que afirmam que o biocarvão ao ser compostado incrementa a produção.

Tabela 2. Parâmetros para germinação de sementes de rabanete em substrato comercial (SC) como testemunha, nos biocarvões (B) e compostos (C) onde os biocarvões são B1 de casca de arroz a 400°C, B2 de casca de arroz a 600°C e B3 de cama de aviário a 400°C, sendo os compostos C1 produzido simples, C2 produzido com B1 e C3 produzido com B2+B3

	Germinação (%)	IVE** (%)	Massa fresca (g tratamento ⁻¹)	Massa seca (g tratamento ⁻¹)
B1	90,00 a*	34,15 a	1,363 a	0,330 a
B2	93,75 a	29,58 a	1,523 a	0,400 a
B3	5,00 d	0,44 d	0,025 b	0,010 c
B2+B3	45,00 c	7,73 d	0,260 b	0,120 b
C1	73,75 b	19,72 b	0,820 a	0,207 b
C2	86,25 a	23,91 b	0,943 a	0,283 a
C3	57,50 b	16,01 c	0,315 b	0,180 b
SC	73,75 b	16,04 c	0,483 b	0,248 a
CV (%)***	17,04	27,86	74,61	36,67

*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não se diferenciam pelo teste de Scott-Knott (5%)

**Índice de Velocidade de Emergência de plântulas

***Coeficiente de Variação

As placas contendo o biocarvão de casca de arroz a 600°C (B2), o biocarvão de casca de arroz a 400°C (B1) e o composto com biocarvão de casca de arroz a 400°C (C2) apresentaram a maior porcentagem de germinação das sementes, e infere-se que as propriedades e características do biocarvão podem favorecer o desenvolvimento das raízes das plantas, aprimorando a disponibilidade de nutrientes ou água, o pH ou a aeração do solo (LEHMANN et al, 2011).

A porcentagem de geminação e o Índice de Velocidade de Emergência das plântulas (IVE) para o biocarvão de cama de aviário a 400°C (B3) e a combinação da casca de arroz a 600°C com B3 (B2+B3) foram inferiores aos demais tratamentos.

O IVE de B1 e B2 apresentaram maior resultado, seguidos de C2 e do composto sem biocarvão (C1) que, conforme Gondek et al (2017), quando carbonizados em temperaturas mais baixas (entre 300 e 400°C), os biocarvões possuem alto teor de componentes que sofrem facilmente degradação no solo e tornam os nutrientes assimiláveis pelas plantas. Neste estudo há exceção para a casca de arroz de B2, que foi carbonizada a 600°C e apresentou alto IVE.

Os maiores valores de massa fresca foram de B2, B1, C2 e C1, sendo que para massa seca os mesmos tratamentos apresentaram valores superiores, com exceção de C1 e sem diferença para a testemunha (SC), a combinação do alto teor de carbono do biocarvão de casca de arroz e o potencial fertilizante do composto podem influenciar

positivamente o desenvolvimento de plantas (SCHULZ; DUNST; GLASER, 2013; GALINATO; YODER; GRANATSTEIN, 2011).

A massa fresca para B3 e B2+B3 não diferenciaram de SC e C3. Para a massa seca C1, C3 e B2+B3 não apresentaram diferença, já B3 apresentou o menor valor. Além da temperatura, a dosagem utilizada de B3 pode ter influenciado o equilíbrio de nutrientes para a germinação das sementes, sendo necessário maiores investigações.

O composto C3, que é associado aos biocarvões B2+B3 foi inferior ao composto C2, que é associado com B1, em todos os parâmetros, indicando o efeito tóxico de B3 em relação ao demais biocarvões.

Em estudo realizado por CHAN et al (2008), efeitos positivos da aplicação de biocarvão de cama de aviário carbonizada a 450°C foram observados em rabanete, e são atribuídos a habilidade de aumentar a disponibilidade de nutrientes, particularmente o nitrogênio, indicando a possibilidade de utilização deste material em novos estudos.

Os valores mais altos de nutrientes em B3 e os baixos valores de HPAs, conforme apresentado na tabela 1, indicam o biocarvão com potenciais benefícios como fertilizante orgânico. Na presença de elementos voláteis, como o nitrogênio encontrado na cama de aviário, as condições do processo de carbonização, como a fonte da biomassa e temperatura, são de fundamental importância (GONDEK et al, 2017).

3.2 Teste do comportamento de minhocas em relação a preferência pelos produtos

Os resultados do comportamento das minhocas estão apresentados na tabela 3. A maior porcentagem de matéria orgânica (MO) foi observada nos biocarvões de cama de aviário puro e combinado a casca de arroz, seguido dos compostos, e a MO consiste na principal fonte de nutrição das minhocas (Tabela 1). A habilidade das minhocas em cavar os solos permite que selecionem os alimentos, bem como a sobrevivência está relacionada a disponibilidade de fontes de energia (WEYERS; SPOKAS, 2011).

Tabela 3. Comportamento das minhocas em substrato comercial (SC) como testemunha, nos biocarvões (B) e compostos (C) onde os biocarvões são B1 de casca de arroz a 400°C, B2 de casca de arroz a 600°C e B3 de cama de aviário a 400°C, sendo os compostos C1 produzido simples, C2 produzido com B1 e C3 produzido com B2+B3

Tratamento	Número de minhocas
B1	2,75 b*
B2	2,75 b
B3	0,00 c
B2+B3	0,00 c
C1	5,00 a
C2	4,50 a
C3	6,00 a
SC	6,00 a
Coefficiente de Variação (%)	31,13

*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não se diferenciam pelo teste de Scott-Knott (5%)

O maior número de minhocas presentes foram identificados no substrato comercial (SC), no composto com os biocarvões de casca de arroz a 600°C e cama de aviário a 400°C (C3), no composto sem biocarvão (C1) e no composto com biocarvão de casca de arroz a 400°C (C2), sendo que quando obtidos de forma conjunta, o composto e o biocarvão, apresentam melhor qualidade considerando a obtenção de condicionador de solo (PROST et al, 2013; ENDERS et al, 2012; SCHULZ; GLASER, 2012).

As caixas contendo os biocarvões produzidos da casca de arroz nas duas temperaturas, a 400°C (B1) e 600°C (B2), apresentaram o mesmo número de minhocas presentes e ausentes, considera-se que os biocarvões podem afetar negativamente organismos vivos, indicando toxicidade.

Segundo Gondek et al (2017), as origens dos efeitos tóxicos são difíceis de serem avaliadas, principalmente pela diversidade de biomassas e condições da pirólise, e dentre os fatores estão o pH, a composição de elementos químicos e contaminantes orgânicos, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs).

O pH dos biocarvões foram acima de 9, sendo a alcalinidade fator frequentemente observado em biocarvões, e conforme apresentado por Nanda et al (2016), a aplicação do biocarvão em solos neutros ou ácidos tendem a aumentar o pH. Os compostos também apresentaram pH básico.

Houve o afastamento de todas as minhocas no biocarvão de cama de aviário a 400°C (B3) e na mistura do biocarvão da casca de arroz a 600°C com o biocarvão de cama de aviário a 400°C (B2+B3). Conforme apresentado por Liesch et al (2010),

resultados negativos com minhocas apontaram efeitos prejudiciais de biocarvão produzido de cama de aviário, em mesma temperatura e tempo de residência de pirólise ativada com N₂, e a evasão de *Eisenia fetida* pode ser devido a abundância de amônia.

Tantos os biocarvões quanto os compostos deste estudo não apresentam valores altos de contaminantes (HPAs), além de que os autores Van Zweiten et al (2010) apresentam efeitos positivos para minhocas, úteis indicadores da saúde do solo pela agilidade em detectar e evitar locais contaminados, utilizando biocarvões em diferentes solos.

4. Conclusão

Os biocarvões provenientes da casca de arroz, carbonizados a diferentes temperaturas (400°C e 600°C) não indicaram toxicidade quanto a germinação de sementes de rabanete. Os parâmetros de germinação avaliados e o comportamento das minhocas indicou toxicidade para o biocarvão feito a partir da cama de aviário a 400°C, necessitando de maiores investigações quanto a temperatura de produção e dosagem de aplicação, uma vez que este biocarvão apresenta elevados teores de nutrientes. A associação do composto aos biocarvões de casca de arroz a 600°C e de cama de aviário a 400°C não demonstrou efeito de fuga para minhocas *Eisenia fetida*, inferindo que haja interação das minhocas em adubos orgânicos com o biocarvão, a fim de melhorar a disponibilidade de macro e micronutrientes e a produção de plantas.

Divulgação de conflitos de interesse: nenhum.

5. Referências

CHAN, K.Y.; VAN ZWIETEN, L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A.; JOSEPH, S. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*, vol. 46, p. 437-444, 2008.

CHAVES, G. de L.D.; SANTOS JR, J.L dos.; ROCHA, S.M.S. The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: a Brazilian case review. *Waste Management and Research*. Vol. 32, p. 19-31, 2014.

ENDERS, A.; HANLEY, K.; WHITMAN, T.; JOSEPH, S.; LEHMANN, J. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Bioresource Technology*. Vol. 114, p. 644-653, 2012.

EUROPEAN BIOCHAR CERTIFICATE – EBC. Comparison of European Biochar Certificate Version 4.8 and IBI Biochar Standards Version 2.0. Acesso em 12/06/2017, obtido em: <http://www.european-biochar.org/en/home>.

FARIA, L.M.V. de; GOMES, M.B.; SILVA, T.R. da. Resposta morfológica do rabanete à aplicação de diferentes doses de silício na linha de semeadura. *Revista Eletrônica da Univar*. Vol. 2, n. 10, p. 121-128, 2013.

GALINATO, S.P.; YODER, J.K.; GRANATSTEIN, D. The economic value of biochar in crop production and carbon sequestration. *Energy Policy*. Vol. 39, p. 6344-6350, 2011.

GONDEK, K.; MIERZWA-HERSZTEK, M.; BARAN, A.; SZOSTEK, M.; PIENIAZEK, R.; PIENIAZEK, M.; STANEK-TARKOWSKA, J.; NOGA, T. The effect of low-temperature conversion of plant materials on the chemical composition and ecotoxicity of biochars. *Waste and Biomass Valorization*, vol. 8, p. 599-609, 2017.

HALE, S.E.; LEHMANN, J.; RUTHERFORD, D.; ZIMMERMAN, A.R.; BACHMANN, R.T.; SHITUMBANUMA, V.; O'TOOLE, A.; SUNDQVIST, K.L.; ARP, H.P.H.; CORNELISSEN, G. Quantifying the total and bioavailable polycyclic aromatic hydrocarbons and dioxins in biochars. *Environmental Science and Technology*. Vol. 46, p. 2830-2838, 2012.

INTERNATIONAL BIOCHAR INICIATIVE – IBI. Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil. Acesso em: 12/06/2017, obtido em: <http://www.biochar-international.org/characterizationstandard>.

IPPOLITO, J.A.; LAIRD, D.A.; BUSSCHER, W.J. Environmental benefits of biochar. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 41, p. 967-972, 2012.

LEHMANN, J.; RILLIG, M.C.; THIES, J.; MASIELLO, C.A.; HOCKADAY, W.C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 43, p. 1812-1836, 2011.

LIESCH, A.M.; WEYERS, S.L.; GASKIN, J.W.; DAS, K.C. Impact of two different biochars on earthworm growth and survival. *Annals of Environmental Science*, v.4, p. 1-9, 2010. Acesso em: www.aes.northeastern.edu

MASULLO, A. Organic wastes management in a circular economy approach: rebuilding the link between urban and rural areas. *Ecological Engineering*. Vol. 101, p. 84-90, 2017.

NANDA, S.; DALAI, A.K.; BERRUTI, F.; KOZINSKI, J.A. Biochar as an exceptional bioresource for energy, agronomy, carbon sequestration, activated carbon and specialty materials. *Waste and Biomass Valorization*. Vol. 7, p. 201-235, 2016.

OLIVEIRA, L.S.B.L.; OLIVEIRA, D.S.B.L.; BEZERRA, B.S.; PEREIRA, B.S.; BATTISTELLE, R.A.G. Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *Journal of Cleaner Production*. p. 1-9, 2016.

PEREIRA, K.S.; SANTOS, C.H.B.; NASCIMENTO, W.A.; ARMOND, C.; SILVA, F.; CASA, J. Crescimento de rabanete (*Raphanus sativus* L.) em resposta a adubação orgânica e biofertilizantes em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*. Vol. 29, n. 2, p. 4414-4420, 2011.

PRIMAVESI, A. Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio. 2ª Edição. São Paulo: Expressão Popular, 2016.

PROST, K.; BORCHARD, N.; SIEMENS, J.; KAUTZ, T.; SÉQUARIS, J.; MÖLLER, A.; AMELUNG, W. Biochar affected by composting with farmyard manure. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 42, p. 164-172, 2013.

SILVA, F.C da. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Rio de Janeiro: Embrapa Informação Tecnológica, 627p. 2009.

SILVA JUNIOR, E.G. da; MAIA, J.M.; SILVA, A.F. da; SANTOS, E.E. de S.; RECH, E.G.; ALMEIDA, R.A. de. Influência de composto orgânico na germinação e desenvolvimento inicial de melancia. *Biofarm*. Vol. 11, n. 1, 2015.

SCHULZ, H.; DUNST, G.; GLASER, B. Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 33, p. 817-827, 2013.

SCHULZ, H.; GLASER, B. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*; Vol. 175, p. 410-422, 2012.

TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C.; MADARI, B.E.; LIMA, H.N.; WOODS, W. As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 420p. 2009.

VAN ZWIETEN, L.V.; KIMBER, S.; MORRIS, S.; CHAN, K.Y., DOWNIE, A.; RUST J.; JOSEPH S.; COWIE, A. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*. Vol. 327, p. 235-246, 2010.

WEYES, S.L.; SPOKAS, K.A. Impact of biochar on earthworm populations: a review. *Applied and Environmental Soil Science*, v. 2011, p. 1-12, 2011.

CONCLUSÃO GERAL

A pilha de composto sem adição de biocarvão mostrou maior quantidade de fungos e bactérias ao longo do processo de compostagem, bem como a maior emissão total de CH₄, fato relacionado ao volume de carbono consumido pelos microrganismos no processo de decomposição da casca de arroz, pois o material, quando carbonizado, torna o carbono recalcitrante.

O composto combinado a dois tipos de biocarvão, da casca de arroz a 600°C e cama de aviário a 400°C, apresentou a menor emissão total de gases de efeito estufa no processo de decomposição.

Os valores da relação C/N e da condutividade elétrica indicaram a estabilização dos compostos. Os biocarvões apresentaram potencial efeito de neutralização, devido aos valores de pH maiores que 7 nas pilhas de composto associadas aos biocarvões.

Os biocarvões provenientes da casca de arroz, carbonizados a diferentes temperaturas (400°C e 600°C) não indicaram toxicidade quanto a germinação de sementes de rabanete. Os parâmetros de germinação avaliados e o comportamento das minhocas indicou toxicidade para o biocarvão feito a partir da cama de aviário a 400°C, necessitando de maiores investigações quanto a temperatura de produção e dosagem de aplicação, uma vez que este biocarvão apresenta elevados teores de nutrientes.

A associação do composto aos biocarvões de casca de arroz a 600°C e de cama de aviário a 400°C não demonstrou efeito de fuga para minhocas *Eisenia fetida*, inferindo que haja interação das minhocas em adubos orgânicos com o biocarvão, a fim de melhorar a disponibilidade de macro e micronutrientes e a produção de plantas.

ANEXO 1

NORMAS DA REVISTA DO CAPÍTULO 1



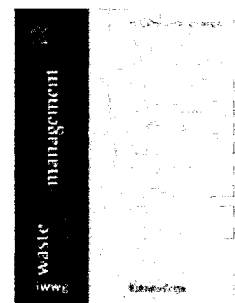
WASTE MANAGEMENT

International Journal of Integrated Waste Management, Science and Technology

AUTHOR INFORMATION PACK

TABLE OF CONTENTS

●	Description	p.1
●	Audience	p.1
●	Impact Factor	p.2
●	Abstracting and Indexing	p.2
●	Editorial Board	p.2
●	Guide for Authors	p.4



ISSN: 0956-053X

DESCRIPTION

Waste Management is an international journal devoted to the presentation and discussion of information on the **generation, prevention, characterization, monitoring, treatment, handling, reuse** and ultimate **residual disposition** of **solid wastes**, both in industrialized and in economically developing countries. The journal addresses various types of solid wastes including **municipal** (e.g., residential, institutional, commercial, light industrial), **agricultural**, and **special** (e.g., C and D, health care, household hazardous wastes, sewage sludge).

Waste Management is designed for scientists, engineers, and managers, regardless of their discipline, who are involved in scientific, technical and other issues related to solid waste management. Emphasis is placed on integrated approaches. These approaches require the blending of technical and non-technical factors. Although the dissemination and application of innovative technical information is extremely important, the implementation of sustainable waste management practices also requires a thorough understanding of the pertinent legal, social, economic, and regulatory issues involved.

The journal strives to present a mix of subject matter that will best serve to help the reader understand the breadth of issues related to solid waste management. The following are some of the major areas in which papers are solicited:

- Generation and characterization
- Minimization
- Recycling and reuse
- Storage, collection, transport, and transfer
- Treatment (mechanical, biological, chemical, thermal, other)
- Landfill disposal (including design, monitoring, remediation of old sites)
- Environmental considerations
- Financial and marketing aspects
- Policy and regulations
- Education and training
- Planning and implementation.

AUDIENCE

Scientists, engineers and technical managers concerned with waste treatment and the engineering problems related to environmental protection laws.

IMPACT FACTOR

2016: 4.030 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2017

ABSTRACTING AND INDEXING

BIOSIS

Elsevier BIOBASE
Cambridge Scientific Abstracts
Chemical Abstracts
Chemical Hazards in Industry
Current Contents/Engineering, Computing & Technology
EMBASE
Energy Data Base
Energy Research Abstracts
Engineering Index
Environmental Periodicals Bibliography
Engineering Village - GEOBASE
Health and Safety Science Abstracts
GeoSciTech
PASCAL/CNRS
Pollution Abstracts
Research Alert
SCISEARCH
Safety Science Abstracts
Scopus
Science Citation Index Expanded

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief

R. Cossu, University of Padova, Padova, Italy.

Managing Editor

P. Pizzardini

Associate Editors

A. Akcil, Suleyman Demirel University, Isparta, Turkey
U. Arena, Seconda Università degli Studi di Napoli, Caserta, Italy
M. Barlaz, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA
R. Beaven, University of Southampton, Southampton, England, UK
G. Bonifazi, Università di Roma "La Sapienza", Roma, Italy
A.R. Cabral, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Quebec, Canada
J. Fellner, TU Wien, Wien, Austria
P.-J. He, Tongji University, Shanghai, China
J.Y. Kim, Seoul National University (SNU), Seoul, The Republic of Korea
D. Komilis, Democritus University of Thrace, Komotini, Greece
J. Kumpiene, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden
N. Lapa, Universidade Nova de Lisboa (Lisbon), Caparica, Portugal
T. Matsuto, Hokkaido University, Sapporo, Japan
M. Nelles, Universität Rostock, Rostock, Germany
C. S. Poon, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China
D.R. Reinhart, University of Central Florida, Orlando, Florida, USA
K. Rowe, Queens University, Canada, Kingston, Canada
A. Sánchez, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Barcelona, Spain
K. Shih, The University of Hong Kong, Hong Kong, China
H.A. van der Sloot, Hans van der Sloot Consultancy, Langedijk, Netherlands
E.A. Voudrias, Democritus University of Thrace, Xanthi, Greece
I.D. Williams, University of Southampton, Highfield, Southampton, UK

IWWG Editorial Strategy Group

U. Arena, Seconda Università degli Studi di Napoli, Caserta, Italy

W.P. Clarke, University of Queensland, Brisbane St Lucia, Queensland, Australia
R. Cossu, University of Padova, Padova, Italy
L.F. Diaz, CalRecovery Inc., Concord, California, USA
E. Gidarakos, Technical University of Crete, Chania - Crete, Greece
P.-J. He, Tongji University, Shanghai, China
P. Kjeldsen, Danmarks Tekniske Universitet (DTU), Kgs. Lyngby, Denmark
A. Lagerkvist, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden
Y. Matsufuji
T. Matsuto, Hokkaido University, Sapporo, Japan
D.R. Reinhart, University of Central Florida, Orlando, Florida, USA
H. Robinson, SKM Enviros, Shrewsbury, UK
R. Stegmann, Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH), Hamburg, Germany
C. Trois, School of Psychology, Durban, South Africa

Editorial Board

W. Bidlingmaier, Bauhaus-Universität Weimar, Weimar, Germany
L. Butti, B & P Avvocati, Verona, Italy
D. Cazzuffi, CESI SpA, Milano, Italy
M. Gandini, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia
L. Giusti, University of the West of England, Bristol, UK
J.P. Gourc, Université Joseph Fourier (Grenoble I), Grenoble cedex 9, France
K. Knox, Knox Associates Ltd, Nottingham, England, UK
U. Krogmann, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, USA
J. Li, Tsinghua University, Beijing, China
M. Ritzkowski, Hamburg University of Technology, Hamburg, Germany
S.-I. Sakai, Kyoto University, Kyoto, Japan
G.M. Savage, CalRecovery Inc., Concord, California, USA
K. Spokas, U.S. Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service (ARS), St. Paul, Minnesota, USA
S. Thorneloe, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Research Triangle Park, North Carolina, USA
C. Visvanathan, Asian Institute of Technology, Klongluang, Pathumthani, Thailand
D. Yue, Tsinghua University, Beijing, China
C. Zurbrugg, Swiss Federal Institute of Aquatic Science & Technology (EAWAG), Duebendorf, Switzerland

GUIDE FOR AUTHORS

Submission Checklist

Waste Management considers the following types of papers for publication:

Full Length Articles (maximum of 7,000 words, including Articles submitted for Special Issues) **Review Articles** (maximum of 10,000 words); Authors wishing to submit a Review Article must first send a letter to the Editorial Office describing the topic of the review, the proposed contents of the review, and the author's expertise in the area of the review. The Editors-in-Chief will make a decision on whether a review will be considered. **Short Communications** (less than 3,500 words) **Discussions** (less than 3,500 words) **Please note: the word count for all article types does not include the abstract, figures, tables, appendices, funding, acknowledgements, and references.** You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
 - All figures (include relevant captions)
 - All tables (including titles, description, footnotes)
 - The Tables and Figures should be at the end of the manuscript. Figure titles should be below each figure and NOT on a separate page
 - Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
 - Indicate clearly if color should be used for any figures in print
- Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable)
Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our Support Center.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information pages on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication.

Declaration of Interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. More information.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' section of our ethics policy for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck.

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information.

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the Open Access Publication Fee. Details of existing agreements are available online.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs.
- No open access publication fee payable by authors.

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY)

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 3100**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. Find out more.

This journal has an embargo period of 24 months.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Submit your article

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/wm>

Referees

It is mandatory to submit, with the manuscript, the names and addresses of 3 potential referees. The suggested referees should be experts in the field and should have their own publication records. Suggestion of colleagues of the same institution of the authors should be avoided.

PREPARATION

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. More information on types of peer review.

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Manuscripts must be typewritten with a font size of 12 or 10 pt, double-spaced with wide margins, and numbered consecutively. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Please use page and line numbers in your manuscript. When submitting a revision, please upload a track changes manuscript (together with a clean version).

Cover letter

Submission of a manuscript must be accompanied by a cover letter that addresses two areas.

Download the cover letter file [here](#) and upload it while submitting your article.

First, the letter should describe the importance of the manuscript and its relevance to some aspect of waste management. Second, the letter should summarize the manuscript objective and the findings that constitute a significant contribution to the literature. In addition, the cover letter should provide a word count using the instructions given on the Submission Checklist.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view Example Graphical Abstracts on our information site.

Authors can make use of Elsevier's Illustration Services to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view example Highlights on our information site.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using British spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry: <http://www.iupac.org/> for further information.

Authors are to use SI (metric) units and international quantities and abbreviations. Equivalent values in other systems may be used provided their metric equivalents are included in every case.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of *e* are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.
TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

A DOI can be used to cite and link to electronic articles where an article is in-press and full citation details are not yet known, but the article is available online. A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/waste-management>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr, W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB in total. Any single file should not exceed 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

RESEARCH DATA

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the research data page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page.

For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. Before submitting your article, you can deposit the relevant datasets to *Mendeley Data*. Please include the DOI of the deposited dataset(s) in your main manuscript file. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal, *Data in Brief*. Please note an open access fee of 500 USD is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the [Data in Brief website](#). Please use this template to write your Data in Brief.

MethodsX

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple MethodsX articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. MethodsX, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their MethodsX article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be transferred over to MethodsX where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in MethodsX. Full details can be found on the [MethodsX website](#). Please use this template to prepare your MethodsX article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

ARTICLE ENRICHMENTS

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. More information.

Interactive plots

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file. Full instructions.

Additional information

Review Process: All manuscripts are sent to at least two independent referees to ensure both accuracy and relevance to the journal. The final decision regarding acceptance will be made by the Editors. Manuscripts may be sent back to authors for revision if necessary. Revised manuscript submissions should be made as soon as possible (within 6 weeks) after the receipt of the referees' comments.

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized Share Link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's Webshop. Corresponding authors who have published their article open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the Elsevier Support Center to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also check the status of your submitted article or find out when your accepted article will be published.

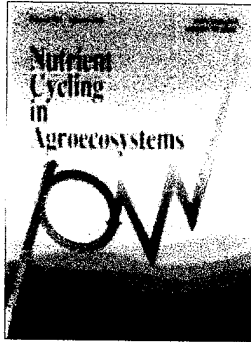
© Copyright 2014 Elsevier | <http://www.elsevier.com>

ANEXO 2

NORMAS DA REVISTA DO CAPÍTULO 2

Agriculture Home > Life Sciences > Agriculture

SUBDISCIPLINES JOURNALS BOOKS SERIES TEXTBOOKS REFERENCE WORKS



Nutrient Cycling in Agroecosystems

Editor-in-Chief: Johannes Lehmann

ISSN: 1385-1314 (print version)

ISSN: 1573-0867 (electronic version)

Journal no. 10705



\$199.00 Personal Rate e-only for the Americas

[Get Subscription](#)

Online subscription, valid from January through December of current calendar year

Immediate access to this year's issues via SpringerLink

3 Volume(-s) with 9 issue(-s) per annual subscription

Automatic annual renewal

More information: >> [FAQs](#) // >> [Policy](#)

[VIRTUAL ISSUE](#) [ABOUT THIS JOURNAL](#) [EDITORIAL BOARD](#) [ETHICS & DISCLOSURES](#)
[INSTRUCTIONS FOR AUTHORS](#)

Instructions for Authors

Types of Papers

Full papers

Full papers report on original data concerning carbon and nutrient cycling in agroecosystems, beyond local or regional importance. They typically do not exceed 7000 words (excluding references), contain 4-8 display items (figures or tables), and usually less than 40 references, commensurate with the experimental evidence.

Rapid communications

Rapid communications have the same requirements concerning topics and scientific rigor as full papers. However, they report on a smaller dataset that does not warrant a full paper but has exceptional novelty likely to stimulate new research. They typically do not exceed 2500 words (excluding references), contain 1-3 display items (figures or tables), and usually less than 20 references.

Reviews

Reviews cover important research topics by not only summarizing published research but by providing new insights and concepts through innovative data analysis and synthesis. They can be of varying length that is determined by the scope and importance of its contents, but should strike a balance between being as comprehensive and as concise as possible (often less than 10,000 words, excluding

references). Reviews are solicited by the editors, but proposals are highly encouraged.

Perspectives

Perspectives succinctly discuss emergent ideas, controversial concepts, or policy issues with respect to carbon and nutrient cycles in agroecosystems and typically focus on one issue rather than cover an entire topic. They should not exceed 2000 words, may contain 1-2 display items, and usually less than 20 references.

Perspectives are typically reviewed by the editorial board and only occasionally sent out for additional review.

Commentaries

Commentaries provide very brief responses to previous publications in this or other journals by expanding on published data, raising questions or highlighting broader issues without primarily providing a critique to the data. They should not exceed 1000 words, may contain 1 display item, and usually less than 10 references.

Commentaries are only reviewed by the editors. Authors of the article they refer to are given the opportunity for a reply, if it promises new insights.

MANUSCRIPT SUBMISSION

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink "Submit online" on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Additional Information needed during Online Submission

Authors are asked whether they agree to review up to two manuscripts for Nutrient Cycling in Agroecosystems over the coming years, as a way to ensure that the journal maintains rapid evaluation by a committed body of referees. On submission, authors are required to enter names and contact information of at least five potential referees. These individuals must not come from the same institutions or countries of any of the authors, have not collaborated or authored joint publications or proposals, and be recognized experts in their fields as demonstrated by their recent publication record.

MANUSCRIPT PREPARATION

Title Page

- The title should avoid starting with non-describing phrases such as "effects of" or "impact of".

Abstract

- The abstract must present findings in quantitative terms (e.g., "nitrogen leaching increased by 50%"), and avoid speculation.

Text Formatting

- Use the automatic page numbering function to number the pages and insert line numbers consecutive throughout the manuscript (manuscripts without page and line numbers are rejected before review).
- Use double line spacing and a font type and size (preferably 12-point) that allow easy reading.

TABLES

- Tables should be inserted on separated pages after the list of references, and not inserted into the main text.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table, above the table.

FIGURES

- Figure captions should be listed together on a separate sheet following the tables, and not inserted into the main text.
- Figures should be shown on separate sheets (one figure per sheet) and placed after the figure captions.

ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

- Electronic supplementary material such as extended methods description, selected data tables for figures or electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) are highly encouraged.

TITLE PAGE**Title Page**

The title page should include:

- ⌘ The name(s) of the author(s)
- ⌘ A concise and informative title
- ⌘ The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- ⌘ The e-mail address, and telephone number(s) of the corresponding author
- ⌘ If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT**Text Formatting**

Manuscripts should be submitted in Word.

- ⌘ Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- ⌘ Use italics for emphasis.
- ⌘ Use the automatic page numbering function to number the pages.
- ⌘ Do not use field functions.
- ⌘ Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- ⌘ Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- ⌘ Use the equation editor or MathType for equations.
- ⌘ Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

LaTeX macro package (zip, 182 kB)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

SCIENTIFIC STYLE

Please always use internationally accepted signs and symbols for units (SI units).

SCIENTIFIC STYLE

Genus and species names should be in italics.

SCIENTIFIC STYLE

Generic names of drugs and pesticides are preferred; if trade names are used, the generic name should be given at first mention.

REFERENCES

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).

This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

- ⌘ Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738.
<https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329

- ⌘ Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

- ⌘ Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics.* Blackwell, London

- ⌘ Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- ⌘ Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- ⌘ Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure.* Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

ISSN LTWA

If you are unsure, please use the full journal title.

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

EndNote style (zip, 2 kB)

TABLES

- ⌘ All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- ⌘ Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- ⌘ For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- ⌘ Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- ⌘ Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

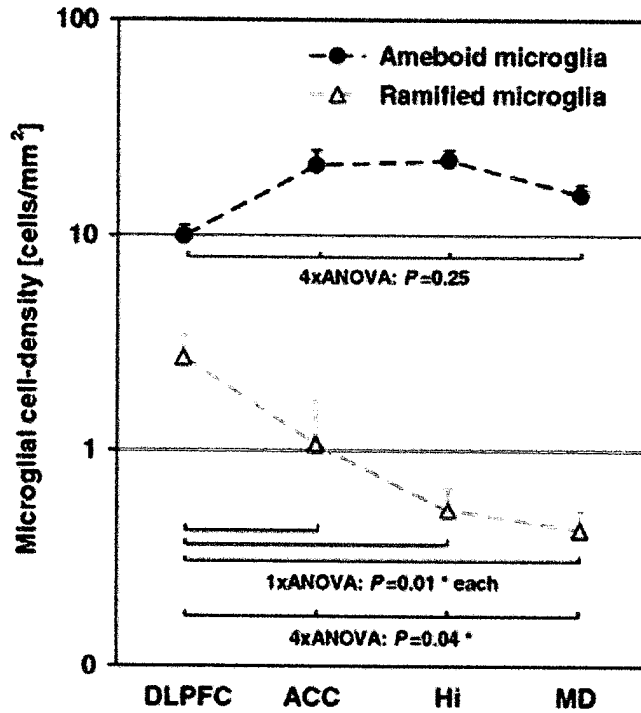
ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

Electronic Figure Submission

- ⌘ Supply all figures electronically.
- ⌘ Indicate what graphics program was used to create the artwork.

- ⌘ For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- ⌘ Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- ⌘ Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



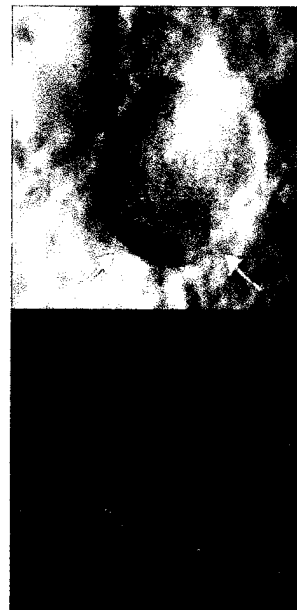
- ⌘ Definition: Black and white graphic with no shading.
- ⌘ Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- ⌘ All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- ⌘ Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- ⌘ Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

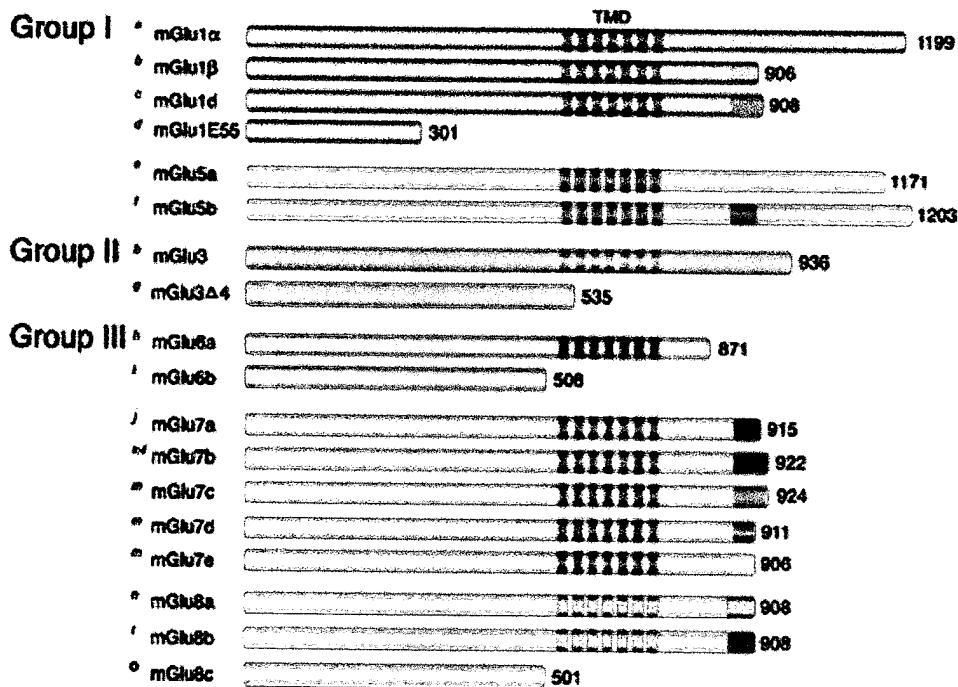
Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.

If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.

Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.



Combination Art



Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.

Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

Color art is free of charge for online publication.

If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.

If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions. Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- ⌘ To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- ⌘ Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- ⌘ Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- ⌘ Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- ⌘ Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals.

Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.

Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures,

"A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- ⌘ Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- ⌘ Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- ⌘ No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- ⌘ Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- ⌘ Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

Figures should be submitted separately from the text, if possible.

When preparing your figures, size figures to fit in the column width.

For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.

For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)

Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)

Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

Supply all supplementary material in standard file formats.

Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.

To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

Aspect ratio: 16:9 or 4:3

Maximum file size: 25 GB

Minimum video duration: 1 sec

Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.

A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

Specialized Formats

Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.

Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".

Name the files consecutively, e.g. "ESM_3.mpg", "ESM_4.pdf".

Captions

For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material

Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

DATA SUPPORT SERVICES

Many journals and funding agencies encourage or require data sharing in repositories. If you need help depositing and curating your research data (including code, text, raw and processed data, video and images) you should consider:

Finding a suitable data repository for your data

Uploading your data to Springer Nature's Data Support Services

Contacting Springer Nature's Research Data Support Helpdesk for advice

Access the Data Support Services

List of recommended data repositories

More information on Data Support Services

Springer Nature provides data deposition and curation services to help authors follow good practice in sharing and archiving of research data. The services provide secure and private submission of data files, which are curated and managed by the Springer Nature Research Data team for public release, in agreement with the submitting author. These services are provided in partnership with figshare.

Checks are carried out as part of a submission screening process to ensure that researchers who should use a specific community-endorsed repository are advised of the best option for sharing and archiving their data. Use of the Data Support Services is optional and does not imply or guarantee that a manuscript will be accepted.

ENGLISH LANGUAGE EDITING

For editors and reviewers to accurately assess the work presented in your manuscript you need to ensure the English language is of sufficient quality to be understood. If you need help with writing in English you should consider:

Asking a colleague who is a native English speaker to review your manuscript for clarity.

Visiting the English language tutorial which covers the common mistakes when writing in English.

Using a professional language editing service where editors will improve the English to ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review.

Two such services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service and American Journal Experts. Springer authors are entitled to a 10% discount on their first submission to either of these services, simply follow the links below.

English language tutorial

Nature Research Editing Service

American Journal Experts

Please note that the use of a language editing service is not a requirement for publication in this journal and does not imply or guarantee that the article will be selected for peer review or accepted.

If your manuscript is accepted it will be checked by our copyeditors for spelling and formal style before publication.

为便于编辑和评审专家准确评估您稿件中陈述的研究工作，您需要确保您的英语语言质量足以令人理解。如果您需要英文写作方面的帮助，您可以考虑：

- 请一位以英语为母语的同事审核您的稿件是否表意清晰。
- 查看一些有关英语写作中常见语言错误的教程。
- 使用专业语言编辑服务，编辑人员会对英语进行润色，以确保您的意思表达清晰，并识别需要您复核的问题。我们的附属机构 Nature Research Editing Service 和合作伙伴 American Journal Experts 即可提供此类服务。

教程

Nature Research Editing Service

American Journal Experts

请注意，使用语言编辑服务并非在期刊上发表文章的必要条件，同时也并不意味或保证文章将被选中进行同行评议或被接受。

如果您的稿件被接受，在发表之前，我们的文字编辑会检查您的文稿拼写是否规范以及文体是否正式。

エディターと査読者があなたの論文を正しく評価するには、使用されている英語の質が十分に高いことが必要とされます。英語での論文執筆に際してサポートが必要な場合には、次のオプションがあります：

- 英語を母国語とする同僚に、原稿で使用されている英語が明確であるかをチェックしてもらう。
- 英語で執筆する際によくある間違いに関する英語のチュートリアルを参照する。
- プロの英文校正サービスを利用する。校正者が原稿の意味を明確にしたり、問題点を指摘し、英語の質を向上させます。Nature Research Editing Service と American Journal Experts の2つは弊社と提携しているサービスです。Springer の著者は、いずれのサービスも初めて利用する際には10%の割引を受けることができます。以下のリンクを参照ください。

英語のチュートリアル

Nature Research Editing Service

American Journal Experts

英文校正サービスの利用は、投稿先のジャーナルに掲載されるための条件ではないこと、また論文審査や受理を保証するものではないことに留意してください。

原稿が受理されると、出版前に弊社のコピーエディターがスペルと体裁のチェックを行います。

영어 원고의 경우, 에디터 및 리뷰어들이 귀하의 원고에 실린 결과물을 정확하게 평가할 수 있도록, 그들이 충분히 이해할 수 있을 만한 수준으로 작성되어야 합니다. 만약 영작문과 관련하여 도움을 받기를 원하신다면 다음의 사항들을 고려하여 주십시오:

- 귀하의 원고의 표현을 명확히 해줄 영어 원어민 동료들 찾아서 리뷰를 의뢰합니다.
- 영어 튜토리얼 페이지에 방문하여 영어로 글을 쓸 때 자주하는 실수들을 확인합니다.
- 리뷰에 대비하여, 원고의 의미를 명확하게 해주고 리뷰에서 요구하는 문제점들을 식별해서 영문 수준을 향상시켜주는 전문 영문 교정 서비스를 이용합니다. Nature Research Editing Service와 American Journal Experts에서 저희와 협약을 통해 서비스를 제공하고 있습니다. Springer 저자들이 본 교정 서비스를 첫 논문 투고를 위해 사용하시는 경우 10%의 할인이 적용되며, 아래의 링크를 통하여 확인이 가능합니다.

영어 튜토리얼 페이지

Nature Research Editing Service

American Journal Experts

영문 교정 서비스는 게재를 위한 요구사항은 아니며, 해당 서비스의 이용이 피어 리뷰에 논문이 선택되거나 게재가 수락되는 것을 의미하거나 보장하지 않습니다.

원고가 수락될 경우, 출판 전 저희측 편집자에 의해 원고의 철자 및 문체를 검수하는 과정을 거치게 됩니다.

ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

- ⌘ The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- ⌘ The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling ("self-plagiarism")).
- ⌘ A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. "salami-publishing").
- ⌘ No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions
- ⌘ No data, text, or theories by others are presented as if they were the author's own ("plagiarism"). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted.

Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.

- ⌘ Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, **before** the work is submitted.
- ⌘ Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.
- ⌘ Authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission. Changes of authorship or in the order of authors are **not accepted after** acceptance of a manuscript.
- ⌘ Adding and/or deleting authors **at revision stage** may be justifiably warranted. A letter must accompany the revised manuscript to explain the role of the added and/or deleted author(s). Further documentation may be required to support your request.
- ⌘ Requests for addition or removal of authors as a result of authorship disputes after acceptance are honored after formal notification by the institute or independent body and/or when there is agreement between all authors.
- ⌘ Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential proprietary data is excluded.

If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:

If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author. If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note. Please note that retraction means that the paper is **maintained on the platform**, watermarked "retracted" and explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article. The author's institution may be informed.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.

Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled "Compliance with Ethical Standards" when submitting a paper:

Disclosure of potential conflicts of interest
 Research involving Human Participants and/or Animals
 Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the instructions following this section carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST

Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential influence or impart bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict, disclosure of relationships and interests provides a more complete and transparent process, leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of a real or perceived conflicts of interest is a perspective to which the readers are entitled. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts of interests **that are directly or indirectly related to the research** may include but are not limited to the following:

- ⌘ Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)
- ⌘ Honoraria for speaking at symposia
- ⌘ Financial support for attending symposia
- ⌘ Financial support for educational programs
- ⌘ Employment or consultation
- ⌘ Support from a project sponsor
- ⌘ Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships
- ⌘ Multiple affiliations
- ⌘ Financial relationships, for example equity ownership or investment interest
- ⌘ Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)
- ⌘ Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found

here:

The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a separate section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest disclosure form(s).

See below examples of disclosures:

Funding: This study was funded by X (grant number X).

Conflict of Interest: Author A has received research grants from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of committee Z.

If no conflict exists, the authors should state:

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

RESEARCH DATA POLICY

A submission to the journal implies that materials described in the manuscript, including all relevant raw data, will be freely available to any researcher wishing to use them for non-commercial purposes, without breaching participant confidentiality.

The journal strongly encourages that all datasets on which the conclusions of the paper rely should be available to readers. We encourage authors to ensure that their datasets are either deposited in publicly available repositories (where available and appropriate) or presented in the main manuscript or additional supporting files whenever possible. Please see Springer Nature's information on recommended repositories.

List of Repositories

Research Data Policy

General repositories - for all types of research data - such as figshare and Dryad may be used where appropriate.

Mandatory deposition

Protein sequences

DNA and RNA sequences

DNA and RNA sequencing data

Genetic polymorphisms

Linked genotype and phenotype data

Macromolecular structure

Microarray data (must be MIAME compliant)

Crystallographic data for small molecules

Suitable repositories

Uniprot

Genbank

DNA DataBank of Japan (DDBJ)
EMBL Nucleotide Sequence Database (ENA)

NCBI Trace Archive
NCBI Sequence Read Archive (SRA)

dbSNP

dbVar

European Variation Archive (EVA)

dbGAP

The European Genome-phenome Archive (EGA)

Worldwide Protein Data Bank (wwPDB)
Biological Magnetic Resonance Data Bank (BMRB)
Electron Microscopy Data Bank (EMDB)

Gene Expression Omnibus (GEO)
ArrayExpress

Cambridge Structural Database

Where a widely established research community expectation for data archiving in public repositories exists, submission to a community-endorsed, public repository is mandatory.

Persistent identifiers (such as DOIs and accession numbers) for relevant datasets must be provided in the paper.

For more information:

[Research Data Policy Frequently Asked Questions](#)

Data availability

All original articles must include a Data availability statement. Data availability statements should include information on where data supporting the results reported in the article can be found including, where applicable, hyperlinks to publicly archived datasets analysed or generated during the study. By data we mean the minimal dataset that would be necessary to interpret, replicate and build upon the findings reported in the article. We recognise it is not always possible to share research data publicly, for instance when individual privacy could be compromised, and in such instances data availability should still be stated in the manuscript along with any conditions for access.

Data Availability statements can take one of the following forms (or a combination of more than one if required for multiple datasets):

1. The datasets generated during and/or analysed during the current study are available in the [NAME] repository, [PERSISTENT WEB LINK TO DATASETS]
2. The datasets generated during and/or analysed during the current study are not publicly available due [REASON WHY DATA ARE NOT PUBLIC] but are available from the corresponding author on reasonable request.
3. The datasets generated during and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.
4. Data sharing not applicable to this article as no datasets were generated or analysed during the current study.
5. All data generated or analysed during this study are included in this published article [and its supplementary information files].

More examples of template data availability statements, which include examples of openly available and restricted access datasets, are available:

Data availability statements

The journal also requires that authors cite any publicly available data on which the conclusions of the paper rely in the manuscript. Data citations should include a persistent identifier (such as a DOI) and should ideally be included in the reference list. Citations of datasets, when they appear in the reference list, should include the minimum information recommended by DataCite and follow journal style. Dataset identifiers including DOIs should be expressed as full URLs.

Helpdesk

Research data and peer review

Peer reviewers are encouraged to check the manuscript's Data availability statement, where applicable. They should consider if the authors have complied with the journal's policy on the availability of research data, and whether reasonable effort has been made to make the data that support the findings of the study available for replication or reuse by other researchers. Peer reviewers are entitled to request access to underlying data (and code) when needed for them to perform their evaluation of a manuscript.

Springer Nature provides a research data policy support service for authors and editors, which can be contacted at researchdata@springernature.com

This service provides advice on research data policy compliance and on finding research data repositories. It is independent of journal, book and conference proceedings editorial offices and does not advise on specific manuscripts.

Helpdesk

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

OPEN CHOICE

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

Open Choice

Copyright and license term – CC BY-NC

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Find more about the license agreement

[Online First Articles](#)

[All Volumes & Issues](#)

[◆ Special Issues in Ecology ◆](#)

FOR AUTHORS AND EDITORS

2016 Impact Factor

1.843

[Aims and Scope](#)

[Submit Online](#)

[Open Choice - Your Way to Open Access](#)

[Instructions for Authors](#)

[Language](#)

SERVICES FOR THE JOURNAL

[Contacts](#)

[Download Product Flyer](#)

[Shipping Dates](#)

[Order Back Issues](#)

[Bulk Orders](#)

[Article Reprints](#)

ALERTS FOR THIS JOURNAL

Get the table of contents of every new issue published in **Nutrient Cycling in Agroecosystems**.

Your E-Mail Address

SUBMIT

Please send me information on new Springer publications in Agriculture.

