

**Resíduos orgânicos e suas implicações com o carbono orgânico e microbiota do solo e seus potenciais poderes poluentes****Organic waste and its implications with the organic carbon and soil microbiot and its potential polluting powers**

DOI:10.34117/bjdv6n7-134

Recebimento dos originais: 12/06/2020

Aceitação para publicação: 07/07/2020

**Lucas José Trombetta**

Engenheiro agrônomo, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente pela Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen. Linha Sete de Setembro, s/n, BR 386 Km 40, Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: lucasjosetrombetta1@gmail.com

**Ricardo Turchetto**

Engenheiro agrônomo, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen. Linha Sete de Setembro, s/n, BR 386 Km 40, Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: ricardoturchetto10@gmail.com

**Genesio Mario da Rosa**

Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria. Docente dos cursos de Engenharia Florestal, Agronomia e no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen. Linha Sete de Setembro, s/n, BR 386 Km 40, Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: genesiomario@yahoo.com.br

**Gabriel Baraldi Volpi**

Químico industrial, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen. Linha Sete de Setembro, s/n, BR 386 Km 40, Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: gabrielbvolpi\_189@hotmail.com

**Sinara Barros**

Engenheira agrônoma, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente pela Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen. Linha Sete de Setembro, s/n, BR 386 Km 40, Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: sinarabarros@yahoo.com.br

**Vanderlei Rodrigues da Silva**

Engenheiro Agônomo, doutor em Agronomia: Biodinâmica de Solos, docente do Departamento de Ciências Agrônomicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen. Linha Sete de Setembro, s/n, BR 386 Km 40, Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: vanderlei@ufsm.br

**RESUMO**

O descarte inadequado de resíduos orgânicos produzidos através das atividades agrícolas, principalmente as atividades agropecuárias, e da grande urbanização tem um alto poder contaminante no meio ambiente. Os principais danos oriundos desses resíduos podem ser considerados a eutrofização de corpos de água, a lixiviação, principalmente de nitrato, e por fim, a emissão de gases de efeito estufa. A composição desses gases contém dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, sendo esses dois últimos cerca de 21 vezes e 310 vezes, respectivamente, mais prejudiciais do que o dióxido de carbono. No entanto, artigos concluíram que os estoques de carbono orgânico no solo aumentaram linearmente em solos que foram adubados com dejetos animais em relação aos solos adubados quimicamente, portanto, tornando-se assim uma boa forma de aumentar os estoques de carbono orgânico no solo. Além disso, a utilização de resíduos orgânicos no solo afeta de modo positivo os atributos mais sensíveis do solo, que são os valores de carbono do solo, a quantidade e a diversidade microbiológica do solo. Portanto, o aumento do carbono orgânico no solo e da microbiologia do solo em função dos resíduos orgânicos, estão ligados entre si, pois em todos os trabalhos citados quando aumentou-se o carbono do solo elevou-se a quantidade de microrganismos presentes e a diversidade dos mesmos no solo, visto que o carbono é o componente de carboidratos, lipídeos, proteínas, DNA entre outros compostos que são essenciais para a vida dos microrganismos, deste modo, elevando a qualidade do solo cultivado.

**Palavras chave:** Poluição. Carbono orgânico. Energia renovável.

**ABSTRACT**

The inadequate disposal of organic waste produced through agricultural activities, mainly agricultural activities, and large urbanization has a high contaminating power in the environment. The main damages arising from these residues are the eutrophication of water bodies, the leaching, mainly of nitrate, and finally, the emission of greenhouse gases, which would be the release of carbon dioxide, methane and nitrous oxide, both of which are last about 21 times and 310 times, respectively, more harmful than carbon dioxide. However, articles studied the stocks of organic carbon in the soil increased linearly in soils that were fertilized with animal manure in relation to the chemically fertilized soils, thus making it a good way to increase the stocks of organic carbon in the soil, in addition to that the use of organic residues in the soil positively affects the most sensitive attributes of the soil, which are the soil carbon values, the quantity and microbiological diversity of the soil. Therefore, the increase in organic carbon in the soil and the microbiology of the soil due to organic waste, are linked together, because in all the works mentioned when the carbon in the soil increased, the amount of microorganisms present and diversity increased of them in the soil, since carbon is the component of carbohydrates, lipids, proteins, DNA among other compounds that are essential for the life of microorganisms, thus raising the quality of the cultivated soil.

**Keywords:** Pollution. Organic carbon. Renewable energy.

**1 INTRODUÇÃO**

O Brasil encerrou o ano de 2018 com um Produto Interno Bruto de R\$ 6,38 trilhões, sendo que deste R\$ 597,22 bilhões são oriundos da pecuária brasileira. Com os novos acordos firmados entre Brasil e países consumidores de carne, grande parte asiáticos e africanos, há um grande estímulo para empresas integradoras produtoras de carne aumentarem suas extensões e criarem mais formas de fomento para incorporar mais produtores a esse mercado promissor (ABIEC, 2019). Através deste incentivo e conseqüentemente a expansão deste ramo de negócio, vem uma preocupação que em

décadas passadas não se sucedia e que nos últimos tempos tem tomado grandes proporções tanto na mídia quanto pelos pesquisadores, que é o destino final de todo esse dejetos oriundos da suinocultura, avicultura e bovinocultura.

O descarte inadequado de resíduos orgânicos produzidos através das atividades agrícolas, principalmente as atividades agropecuárias, e da grande urbanização tem um alto poder contaminante no meio ambiente. Os principais danos oriundos desses resíduos são a eutrofização de corpos de água, a qual acarreta a morte parcial e até mesmo total da vida aquática e a lixiviação, principalmente de nitrato, que pode atingir os lençóis freáticos gerando grandes danos, tanto para o homem do campo que utiliza essa água para seu próprio consumo ou disponibilizá-la para a pecuária contaminando assim seus animais, e como resultado, o alimento disponibilizado ao consumidor, quanto para as grandes cidades que utilizam a água captada potencialmente contaminada. Por fim, outro problema desse descarte inadequado é a emissão de gases de efeito estufa, que segundo Benega et al. (2018) seria a liberação de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, sendo esses dois últimos cerca de 21 vezes e 310 vezes, respectivamente, mais prejudiciais do que o dióxido de carbono, e os mesmos são capazes de permanecer na atmosfera por cerca de 12, se tratando do metano, e 120 anos se tratando do óxido nitroso.

Na busca de uma solução para esse problema, que se torna mais expressivo com o aumento dessas atividades agropecuárias, pesquisadores veem estudando formas de descartes desses dejetos que venham reduzir seu potencial poluente. Por outro lado, a partir de um material poluente para um resíduo a fim de obter uma forma de energia renovável e ou uma fonte de adubação alternativa ou complementar para a produção agrícola, deste modo, reduzindo os custos de produção dos produtores agrícolas e por outro lado aumentar os níveis de matéria orgânica e carbono no solo e por consequência aumentar a diversidade da biota do solo, a qual só tende a melhorar os atributos do solo.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre o tema resíduos orgânicos e o uso do solo e suas implicações sobre o conteúdo de carbono e atividade microbiana do solo e a emissão de gases de efeito estufa oriundos desses dejetos.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 RESÍDUOS ORGÂNICOS E SUA INFLUÊNCIA NOS TEORES DE CARBONO DO SOLO**

Os teores de carbono no solo de áreas agricultáveis em todo o planeta, segundo Lal (2004), vem decrescendo de forma linear, no entanto, com pesquisas realizadas pensando neste fator e práticas agronômicas que estão sendo utilizadas nos últimos anos, tendem a reduzir essa perda significativa de carbono do solo até mesmo aumentar os níveis do mesmo em solos agrícolas, buscando níveis próximos aos encontrados em vegetações nativas de cada local do mundo em

questão. Embora a prática que a agricultura orgânica utiliza, ou seja, ciclos fechados de reciclagem de nutrientes através de restos vegetais e dejetos de animais, não seja muito empregada na agricultura moderna, Gattinger et al. (2012) enfatizam que a adição dos dejetos da criação de animais aliados a deposição de palhada advinda do plantio direto podem se tornar uma ferramenta muito promissora para conseguirmos manter, e até elevar, os níveis de carbono do solo.

Para que se tenha um elevado nível de carbono no solo é preciso que o nível de matéria orgânica desse solo também seja elevado. Segundo Oliveira (2010), as funções que a matéria orgânica contida nesse solo exerce são as mais variadas e de grande importância, podendo citar as seguintes: Estabiliza e agrega as partículas do solo, atuando como agente cimentante, evitando assim a erosão; Ajuda na melhoria do armazenamento de água, ar e na condutividade hidráulica do solo; Eleva a capacidade de troca de cátions do solo, deste modo, retendo mais nutrientes como o potássio, magnésio, cálcio, entre outros; Possui a função de tamponante no solo através da retenção de nutrientes e dissociação dos grupos de hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ); Além de cooperar significativamente no balanço global do carbono.

O destino final dos resíduos orgânicos quando é realizado de maneira correta, além de reduzir ou eliminar totalmente o poder poluente que esses resíduos possuem, os mesmos atuam de forma positiva na estrutura do solo. Um dos resultados da disposição correta de resíduos orgânicos no solo é o acúmulo, e conseqüentemente, a melhora nos teores de carbono do solo, elemento muito sensível e que sofre fortes perdas com qualquer atitude ou manejo incorreto adotado pelo agricultor (FINATTO et al., 2013).

Para testar essa real influência de compostos e resíduos orgânicos no acúmulo de carbono orgânico do solo, Brown et al. (2011) avaliaram a deposição de carbono orgânico total, nutrientes disponíveis, nitrogênio do solo, atividade microbiana, entre outros fatores. O conteúdo total de nitrogênio do solo, perante os tratamentos, não se diferiu estatisticamente entre si (0,05%). Porém, quando analisado o teor de carbono orgânico total do solo houve diferença significativa ( $p < 0,0001$ ), onde foi adicionado o resíduo orgânico aumentou em três vezes o teor de carbono no solo, na camada de 0 a 15 centímetros, quando comparado com o solo controle. A atividade microbiana no solo que recebeu o tratamento com resíduos orgânicos também foi superior ao solo controle em cerca de 2,3 vezes ( $p < 0,009$ ), pois a adição de matéria orgânica fornece alimento para os microrganismos. Portanto é notável a melhoria no estoque de carbono do solo e atividade microbiana quando é adicionado resíduos orgânicos em solo agricultável.

Se tratando de resíduos orgânico advindos de dejetos de animais, Maillard et al. (2014) quantificaram a resposta do carbono orgânico do solo a partir da adubação com dejetos de animais, os autores enfatizaram os estoques de carbono orgânico no solo aumentaram linearmente em solos

que foram adubados com dejetos animais em relação aos solos adubados quimicamente, portanto, tornando-se assim uma boa forma de aumentar os estoques de carbono orgânico no solo, sendo que os autores ressaltaram ainda, que há necessidade de que o incremento de carbono no solo seja pela aplicação contínua de dejetos e por vários anos para que esse apresente mudanças significativas.

## 2.2 RESÍDUOS ORGÂNICOS ALIADOS A COMUNIDADES MICROBIOLÓGICAS E BIOLÓGICAS

Todos os seres vivos presentes no nosso globo terrestre, desde comunidades microbiológicas até o ser humano, dependem do provimento de elementos necessários da Terra, no entanto, a Terra é um conjunto fechado, ofertando esses elementos através de ciclos. Portanto, a reciclagem desses elementos torna-se indispensável para que no futuro esses mesmos não se esgotem, assim, inviabilizando a vida em nosso planeta (FALKOWSKI et al., 2008).

Segundo Lourente et al. (2010), um solo que apresenta alta qualidade deve possuir alta atividade e diversidade biológica e conter populações microbianas equilibradas, deste modo, ocorrendo uma boa decomposição de resíduos orgânicos que são ofertados ao sistema e ótimas transformações envolvendo os nutrientes, que seria a passagem destes da forma orgânica, forma pela qual as plantas não conseguem absorver os nutrientes, para a forma mineral, assim deixando os nutrientes passivos a serem absorvidos pelas plantas.

Para demonstrar que a utilização de resíduos orgânicos está intimamente ligado com a microbiologia, em um trabalho realizado por Abreu et al. (2012) onde os autores testaram resíduos orgânicos advindos de um laticínio como fonte de carbono orgânico para produção de *Chlorella vulgaris*, uma alga que é cultivada para a obtenção de alimento para animais e produtos cosméticos de alto valor agregado e mais recentemente para produção de biocombustíveis. Os autores enfatizaram que a utilização de soro de queijo é uma opção para o cultivo desta alga, pois a mesma se desenvolveu muito bem devido as grandes quantidades de lipídeos e carboidratos presentes no resíduo orgânico, deste modo, aliando altas produções de algas e eliminando o problema ambiental que é o descarte do soro de queijo. Resultado este que vai de encontro com o encontrado por Ummalya & Sukumaran (2014), onde os autores avaliaram a produção de bioenergia através da produção de algas do gênero *Chlorococcum* sp. com resíduos de laticínios como forma de substrato encontrando como resultado que a produção desta alga neste substrato produziu um teor de ácidos graxos saturados de 61 a 69% e insaturados de 28 a 33%, deste modo, fica claro o potencial de produção de óleos adequados para o biodiesel de algas com resíduos orgânicos de laticínios.

Em outro trabalho realizado por Chaudhry et al. (2012), os autores confrontaram a estrutura da comunidade microbiana, a diversidade, e outros fatores, de um solo adubado quimicamente, organicamente e de um solo em pousio e pastagem. Após as análises, os autores evidenciaram que o teor de carbono orgânico do solo adubado organicamente foi de 2,19 e 2,71 vezes maior em relação a pastagem e pousio e a áreas adubadas quimicamente, respectivamente. Em relação a diversidade funcional e estrutura da comunidade microbiana, os maiores valores foram encontrados no solo adubado organicamente, seguido pelo solo adubado quimicamente e por último a área de pastagem e pousio. Resultado esse que corrobora com o encontrado por Xun et al. (2016), onde os autores ao analisarem solos da China adubados organicamente, com esterco de suíno, e outros adubados quimicamente em um período de 20 anos, concluíram que um solo adubado somente por adubos químicos, contendo nitrogênio, acarreta na acidificação do solo e deterioração das comunidades bacterianas, ao contrário dos solos adubados organicamente. Deste modo, enfatizando que a utilização de resíduos orgânicos afeta de modo positivo os atributos mais sensíveis do solo, que são os valores de carbono do solo e a diversidade microbiológica do solo.

Em outro trabalho com resíduos orgânicos proveniente de lodo de esgoto, resíduo que vem tomando grandes proporções oriundas ao alto nível de urbanização, o mesmo chama a atenção devido a questões ambientais pelo seu potencial conteúdo de metais pesados, carga microbiológica patogênicas e compostos tóxicos (SINGH et al., 2008). Lobo et al. (2012), testaram a influência do lodo de esgoto na microbiologia do solo, onde avaliaram o número de nódulos e massa seca desses, para doses de lodo de esgoto compostado e inoculação de *Bradyrhizobium* na cultura da soja. Os autores afirmam que nas plantas inoculadas ocorreu um acréscimo do número de nódulos (569 nódulos em quatro plantas) até a dose de 19 toneladas de lodo por hectare, acima dessa quantia iniciou-se um decréscimo no número de nódulos por planta. Em relação a massa seca dos nódulos, obtiveram um incremento quando utilizado as doses de 30 e 40 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto, favorecendo a principal tecnologia desenvolvida até hoje para cultura da soja que é a fixação biológica de nitrogênio.

### 2.3 RESÍDUOS ORGÂNICOS E A EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Após a publicação realizada da 'Long Shadow' pela FAO em 2006, onde a mesma salientou a emissão de gases de efeito estufa advinda da produção animal distribuída pelo mundo, sendo que desse total 16% é emitido pela pecuária leiteira e de corte. A comunidade científica começou a aprofundar suas pesquisas neste assunto em relação a essa forma potencial de poluição (BELLARBY et al., 2013).

Com o passar dos anos fica cada vez mais explícito que a destruição da camada de Ozônio e a emissão de gases de efeito estufa estão causando sérias complicações para a população em si e causando mudanças climáticas que interferem no cultivo de plantas, afetando diretamente a agricultura mundial (WARGENT & JORDAN, 2013). Segundo Neto et al. (2011), mais de 70% da emissão de gases estufa, que ocorre no Brasil, está ligado a mudanças no uso da terra e atividade agropecuária, pois áreas que antes eram cobertas por vegetação nativa estão dando lugar para agricultura e pecuária, deste modo, interferindo na dinâmica da matéria orgânica do solo, liberando o carbono que estava sequestrado no solo na forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Dentre os principais gases de efeito estufa emanados e advindos da criação de animais, podemos citar o dióxido de carbono, o metano e óxido nitroso (KHAN et al., 2014). No entanto, pesquisas estão sendo voltadas para tentar diminuir a emissão destes gases e até mesmo a utilização destes a favor do produtor rural e da população em geral, neste contexto entra a utilização de biodigestores como a forma mais eficiente no tratamento e controle desses dejetos de animais, além das empresas integradoras receberem um incentivo financeiro para cada tonelada de carbono que é retida, denominado crédito de carbono (BENEGA et al., 2018).

Após a retenção desses gases no biodigestor, na busca de gerar lucros ou reduzir custos de produção, Abdeshahian et al. (2016) realizaram uma pesquisa, na Malásia, tendo como objetivo avaliar a capacidade de geração de energia pelo biogás oriunda dos resíduos orgânicos produzidos pelos animais, bovinos, ovinos e aves, em fazendas, tendo por base uma produção de dejetos de cerca de 10 a 20 para bovinos, de 2 para ovinos e de 0,08 a 0,1 kg dia<sup>-1</sup>, com uma produção média de biogás de 0,6 a 0,8 para bovinos, de 0,3 a 0,4 para ovinos e 0,3 a 0,8 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> para aves. Com base nestes dados o potencial de geração de biogás seria de 3876,20 milhões m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>, gerando cerca de 7 x 10<sup>9</sup> kWh ano<sup>-1</sup>, sendo que esse valor poderia suprir cerca de 6,86% da energia consumida na Malásia no ano de 2012, resultados esses que corroboram com os encontrados por Corro et al. (2013), onde os autores obtiveram um valor de 0,020 gramas de massa do gás metano por litro de ar (g L<sup>-1</sup>) misturando esterco bovino com borra de café, deste modo reduzindo o potencial poluente do esterco bovino e da borra de café, além de reduzir os custos com energia na propriedade. Resultados esses que também vão de encontro com os encontrados por Da Silva Gomes et al. (2014), onde os autores afirmaram em seu trabalho que 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0,45 kg de Gás Liquefeito de Petróleo ou a 1,5 Kg de lenha, deste modo, gerando reduções de custos significativas para o produtor.

Portanto, fica claro que o aproveitamento destes resíduos orgânicos de animais para produção de biogás pode se tornar um grande fator na produção de energia renovável o que traz uma economia enorme e o descarte correto dos resíduos orgânicos de animais.

**3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do apresentado por esse trabalho, é notório o cuidado que devemos ter ao descartar os resíduos orgânicos para que não se pague o preço, em relação ao meio ambiente, em um futuro não tão distante. Nota-se que os resíduos orgânicos têm muito mais vantagens a oferecer ao agricultor e a população das cidades do que desvantagens. Um exemplo disso é o acúmulo de matéria orgânica e conseqüentemente carbono orgânico do solo, elemento mais sensível presente no solo, pois, só de partir de um ecossistema natural para um agroecossistema pode ocorrer perdas aproximadamente de 50% do estoque de carbono no solo, no entanto, como apresentado na revisão, é possível agregar esses estoques, porém isso requer uma fiel deposição de resíduos orgânicos, palhada, dejetos de animais, entre outros, por um longo período de tempo como apresentado anteriormente, onde o tempo médio desses sistemas ficou em torno de 18 anos.

Nota-se também que os fatores, carbono orgânico no solo e microbiologia do solo em função dos resíduos orgânicos, estão ligados entre si, pois em todos os trabalhos citados quando aumentou-se o carbono do solo elevou-se a quantidade de microrganismos presentes e a diversidade dos mesmos no solo, visto que o carbono é o componente de carboidratos, lipídeos, proteínas, DNA entre outros compostos que são essenciais para a vida dos microrganismos (PEREIRA et al. 2013).

Perante a tão discutida emissão de gases de efeito estufa oriundos da produção de animais, ficou esclarecido que quando realizado o manejo dos resíduos orgânicos que lhe convém, o problema se transforma em uma solução em relação a energia renovável, evitando assim que mais barragens sejam construídas, as quais geram grandes mudanças regionais sobre a fauna e flora, para suprir a demanda elétrica, além de suprir a necessidade calorífica para a produção dos animais que exigem calor.

**REFERÊNCIAS**

ABDESHAHIAN, P.; LIM, J. S.; HO, W. S.; HASHIM, H.; LEE, C. T. Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 714-723, 2016. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116001477>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). Beef report, perfil da pecuária no Brasil. 2019. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>>. Acessado em: 19/11/2019.

ABREU, A. P.; FERNANDES, B.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J.; DRAGONE, G. Mixotrophic cultivation of *Chlorella vulgaris* using industrial dairy waste as organic carbon source. **Bioresource technology**, v. 118, p. 61-66, 2012. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852412007997>



BELLARBY, J.; TIRADO, R.; LEIP, A.; WEISS, F.; LESSCHEN, J. P.; SMITH, P. Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe. **Global change biology**, v. 19, n. 1, p. 3-18, 2013. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2486.2012.02786.x>

BENEGA, R. M.; LOZANO, A. P.; DE BARROS, C. A.; PACHECO, G. D. Utilização do biodigestor para tratamento de dejetos da suinocultura. **Ciência Veterinária UniFil**, v. 1, n. 1, p. 136-144, 2018. <http://periodicos.unifil.br/index.php/revista-vet/article/view/39>

BROWN, S.; COTTON, M. Changes in soil properties and carbon content following compost application: results of on-farm sampling. **Compost Science & Utilization**, v. 19, n. 2, p. 87-96, 2011. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1065657X.2011.10736983>

CHAUDHRY, V.; REHMAN, A.; MISHRA, A.; CHAUHAN, P. S.; NAUTIYA, C. S. Changes in bacterial community structure of agricultural land due to long-term organic and chemical amendments. **Microbial ecology**, v. 64, n. 2, p. 450-460, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00248-012-0025-y>

CORRO, G.; PANIAGUA, L.; PAL, U.; BAÑUELOS, F.; ROSAS, M. Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions. **Energy Conversion and Management**, v. 74, p. 471-481, 2013. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890413003889>

DA SILVA, T. M. G.; REIHER, A. P. Viabilidade econômica da produção de biogás de dejetos suínos: um estudo de caso. **Revista Ciências Administrativas ou Journal of Administrative Sciences**, v. 19, n. 2, 2014. <https://periodicos.unifor.br/rca/article/view/3390/pdf>

FALKOWSKI, P. G.; FENCHEL, T.; DELONG, E. F. The microbial engines that drive Earth's biogeochemical cycles. **Science**, v. 320, n. 5879, p. 1034-1039, 2008. <https://science.sciencemag.org/content/320/5879/1034>

FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M. C.; RODRIGUES, M.; BASSO, V.; HOEHNE, L. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista destaques acadêmicos**, v. 5, n. 4, 2013. <http://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/327/322>

GATTINGER, A.; MULLER, A.; HAENI, M.; SKINNER, C.; FLIESSBACH, A.; BUCHMANN, N.; MADER, P.; STOLZE, M.; SMITH, P.; SCIALABBA, N. E.; NIGGLI, U. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 44, p. 18226-18231, 2012. <https://www.pnas.org/content/pnas/109/44/18226.full.pdf>

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, n. 5677, p. 1623-1627, 2004. <https://science.sciencemag.org/content/304/5677/1623>

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; CARDOSO, E. J. B. N.; ALMEIDA, L. S.; NOMIYAMA JUNIOR, N. Crescimento e fixação biológica do nitrogênio em soja cultivada com doses de lodo de esgoto compostado. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 1333-1342, 2012. <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/6344/WOS000314513600009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

KHAN, M. A.; KHAN ZAHIR, M.; ZAMAN, K.; NAZ, L. Global estimates of energy consumption and greenhouse gas emissions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 336-344, 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211300631X>

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; MARCHETTI, M. E.; DE SOUZA, L. C. F.; DE SOUZA ALVES, C. M.; GONÇALVES, M. C.; SILVA, M. A. G. Rotação de culturas e relações com atributos químicos e microbiológicos do solo e produtividade do milho. **Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/879994/1/Seminamercante.pdf>

MAILLARD, É.; ANGERS, D. A. Animal manure application and soil organic carbon stocks: A meta-analysis. **Global Change Biology**, v. 20, n. 2, p. 666-679, 2014. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcb.12438>

NETO, M. S.; PICCOLO, M. C.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 63-76, 2011. [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832011000100006&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832011000100006&script=sci_arttext)

OLIVEIRA, D. L. Solos uma questão de sustentabilidade. **Gestão e Tecnologia**, v. 2, n. 3, p. 30-42, 2010. [http://www.faculdadedelta.edu.br/revista/edicao\\_3/solos\\_uma\\_questao\\_sustentabilidade.pdf](http://www.faculdadedelta.edu.br/revista/edicao_3/solos_uma_questao_sustentabilidade.pdf)

PEREIRA, M. F. S.; NOVO JÚNIOR, J.; DE SÁ, J. R.; LINHARES, P. C. F.; BEZERRA NETO, F.; PINTO, J. R. S. Ciclagem do carbono do solo nos sistemas de plantio direto e convencional. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 21-32, 2013. <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/351/pdf>

SINGH, R. P.; AGRAWAL, M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. **Waste management**, v. 28, n. 2, p. 347-358, 2008. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X07000141>

UMMALYMA, S. B.; SUKUMARAN, R. K. Cultivation of microalgae in dairy effluent for oil production and removal of organic pollution load. **Bioresource technology**, v. 165, p. 295-301, 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852414003332>

XUN, W.; ZHAO, J.; XUE, C.; ZHANG, G.; RAN, W.; WANG, B.; SHEN, Q.; ZHANG, R. Significant alteration of soil bacterial communities and organic carbon decomposition by different long-term fertilization management conditions of extremely low-productivity arable soil in South China. **Environmental microbiology**, v. 18, n. 6, p. 1907-1917, 2016. <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1462-2920.13098>

WARGENT, J. J.; JORDAN, B. R. From ozone depletion to agriculture: understanding the role of UV radiation in sustainable crop production. **New Phytologist**, v. 197, n. 4, p. 1058-1076, 2013. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nph.12132>