



MARILANE RESENDE CARVALHO

**RESÍDUOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE CODORNAS:
CARACTERÍSTICAS, TRATAMENTO E
APROVEITAMENTO**

**LAVRAS – MG
2021**

MARILANE RESENDE CARVALHO

**RESÍDUOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE CODORNAS:
CARACTERÍSTICAS, TRATAMENTO E
APROVEITAMENTO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos

Orientador

**LAVRAS – MG
2021**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades.

Aos meus queridos pais Osmarina e Domingos, por serem minha base. Aos meus irmãos Hemerson e Milena por todo apoio nessa trajetória. Amo vocês.

Aos meus tios Sebastião e Joseane e meus primos Gabriel e Melissa por terem me acolhido com tanto carinho.

Um abraço especial pra minha amiga Maria Júlia por ter suportado todas as minhas angústias, reclamações e vitórias durante esse trajeto. Às minhas amigas Carol e Luana pelos conselhos ao longo do caminho e por aguentarem meu choro. À minha amiga Maria de Lara por ter sido minha parceira nas análises do laboratório.

À Universidade Federal de Lavras, por me abrir diversas portas.

Ao professor e orientador Doutor Mateus Pimentel de Matos por todo ensinamento, orientação, paciência, disposição e apoio desde o início da graduação.

Ao Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia Ambiental (LAADAM), no qual conheci pessoas que me auxiliaram e me ensinaram com muita paciência, em especial ao Marcos e o Alex.

Aos professores pelo conhecimento transmitido.

Aos membros da banca, Ana Elisa, Camila e Diogo.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A coturnicultura é um setor que tem apresentado grande crescimento no país, dado o aumento do interesse e procura dos consumidores pela carne e ovos de codornas. No entanto, à medida que esse ramo da agroindústria expande também se eleva a geração de resíduos sólidos e águas residuárias, aumentando o risco de ocorrência de impactos sociais, ambientais e econômicos. Tornando necessário o emprego de alternativas para tratamento/disposição dos subprodutos da atividade econômica. Dessa forma, objetivou-se com a realização do presente trabalho, a realização de uma revisão sistemática sobre os resíduos gerados na produção de codornas, apresentando suas características, formas de tratamentos mais utilizadas e possíveis formas de aproveitamento. Com base na revisão realizada, observou-se que os resíduos gerados na criação de codornas (esterco, cama e carcaça) apresentam elevados teores de nitrogênio, satisfatórios teores de carbono orgânico e, comumente, baixa relação C/N, podendo ser destinados à compostagem; aplicação no solo; confecção de biocarvões; ou à digestão anaeróbia para geração de energia. Há poucos relatos sobre as características das águas residuárias por não ser produzida em muitas das instalações, dada a forma de criação das codornas (em camas). Para os efluentes gerados na limpeza de instalações que abrigam suínos, bovinos, cães e frangos, que podem apresentar características semelhantes, recomenda-se a fertirrigação e o tratamento biológico em sistemas naturais como lagoas de estabilização e sistemas alagados construídos.

Palavras- chave: Águas residuárias; Biocarvões; Coturnicultura; Disposição no solo; Tratamento biológico; Resíduos sólidos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	2
3. CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS	2
3.1. Principais características dos resíduos sólidos produzidos na coturnicultura	3
3.2. Principais características das águas residuárias da criação de codornas	7
4. TRATAMENTO/APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS	8
4.1. RESÍDUOS SÓLIDOS	11
4.1.1. Compostagem	11
4.1.2. Biodigestor anaeróbio	14
4.1.3. Biocarvão	15
4.1.4. Aplicação no solo	15
4.2. ÁGUAS RESIDUÁRIAS	17
4.2.1. Tratamento	18
4.2.2. Fertirrigação	19
5. CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características dos dejetos de codornas e de outros animais segundo diferentes autores.	5
Tabela 2: Características dos outros resíduos gerados na produção de codornas e de frango.	7
Tabela 3: Características das águas residuárias de codornas e de outros animais segundo diferentes autores.	8
Tabela 4: Tratamento/aproveitamento dos resíduos sólidos da coturnicultura.	10
Tabela 5: Tratamento/aproveitamento das águas residuárias da criação de codornas.	11

1. INTRODUÇÃO

A codorna foi introduzida no território brasileiro em 1959, trazida por imigrantes italianos e japoneses, pelo interesse que se tinha no canto das aves. Curiosamente, foi uma canção, a música popular “Ovos de codorna” de composição de Severino Ramos de Oliveira e interpretada por Luiz Gonzaga, que tratava sobre as vantagens afrodisíacas do ovo de codorna, que fez aumentar a procura pela criação de codornas para comercialização da carne e ovos. Apesar dessa propriedade atribuída aos ovos de codornas ter sido desmistificada pela ciência, o setor teve grande crescimento nos últimos anos (PASTORE et al., 2012).

O Brasil, um país de grande destaque na agropecuária, na criação de gado, suínos e frangos, também tem investido na produção de codornas, apresentando resultados expressivos. Já em 2011, o país alcançou a quinta posição de maior produtor mundial de carne de codorna, estando atrás apenas da China, Espanha, França e Estados Unidos (SILVA et al., 2011). O setor continua em franca expansão, como pode ser observado pelo crescimento de 3,9% em 2018 em relação a 2017, resultando em um plantel de 16,8 milhões, com destaque para a Região Sudeste, responsável por mais da metade do efetivo brasileiro (IBGE, 2018).

Dentre os fatores que alavancaram o setor de criação de codornas, destaca-se o rápido crescimento dessas aves, a alta produtividade e a pequena área para o manejo, o que resulta em um baixo investimento e um rápido retorno financeiro (PASTORE et al., 2012), podendo se tornar uma fonte de renda complementar dos pequenos produtores rurais (SOUZA, 2007). Com o confinamento para a criação de aves, seja com o intuito de engorda ou de criação de postura, gera-se, além de carne e ovos, grande volume de resíduos na forma de esterco, águas residuárias, camas de aves e aves mortas (SEIFFERT, 2000).

A disposição inadequada desses resíduos sem que se faça o manejo adequado (dose de aplicação ou tratamento), pode afetar tanto o meio ambiente quanto a saúde pública. Dessa forma, torna-se essencial a busca por alternativas para diminuir os impactos ambientais, sociais e econômicos causados pela má gestão dos despejos da atividade econômica (HACHMANN et al., 2013).

Assim, com a realização do presente trabalho, objetivou-se realizar um levantamento de informações da literatura e apresentar um panorama dos principais resíduos produzidos na criação de codornas, bem como as técnicas de tratamento e aproveitamento desses resíduos que tem sido utilizada e avaliada por diferentes autores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para atendimento do objetivo, foi realizada uma revisão sistemática dos trabalhos científicos sobre os resíduos gerados na produção de codornas, suas características, formas de tratamentos mais utilizados e possíveis formas de aproveitamento. A pesquisa se deu principalmente por documentos publicados nos últimos 20 anos.

De forma refinar a busca, foram utilizadas as palavras-chave “Codorna”, “Águas Residuárias”, “Dejetos”, estabelecidas de acordo com os temas abordados neste trabalho, utilizando também de termos equivalentes na língua inglesa. Para a pesquisa, consultou-se as seguintes bases de dados para pesquisa: Periódicos da CAPES, Web of Science, Scopus, Google Scholar e Scielo. De forma a auxiliar na apresentação de técnicas de tratamento e aproveitamento, foi necessário incluir referências que tratam sobre a geração de resíduos na criação de frango e de outros animais, já que ainda não há muitos trabalhos específicos sobre os subprodutos da coturnicultura.

3. CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS

Os principais resíduos gerados durante a criação de codornas se apresentam na forma de esterco, água residuária, camas de aves e carcaças. O primeiro é o principal resíduo gerado na indústria de ovos, sendo constituído do excremento liberado pelas aves. As carcaças são resultantes da mortandade das aves, quantidade que pode ser maior ou menor devido à ambiência da instalação; a cama do aviário é o resíduo sólido mais volumoso, contendo as excretas das aves, restos de ração, penas depositados durante o alojamento e resíduos estruturantes como maravalhas, serragem de madeira, casca de arroz e palhas em geral (OLIVEIRA et al., 2018). Já a água residuária é gerada em menor proporção, sendo resultante da limpeza e desinfecção das instalações, de bebedouros e comedouros, troca de água e retirada periódica das fezes nas bandejas coletoras, caso a agroindústria opte por essa forma de criação das aves (SOUZA, 2008).

A criação de codornas varia com o seu tipo, sendo doméstica ou comercial, podendo o plantel ficar sobre o pátio de galpões ou em gaiolas suspensas. Na criação dessas aves em galpões, as codornas são colocadas sobre camas aviárias, com os resíduos estruturantes citados anteriormente que absorvem as excretas e proporcionam conforto térmico. O local ainda deve ser cercado com telas, ter sistema de ventilação e umidificação, além de controle de temperatura, que deve ficar em torno de 18 a 19° C (VIOLA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2004; SOUZA, 2008).

O sistema da criação em codornas pode ser dividido em convencional e automatizado. O primeiro se caracteriza pela introdução das codornas em gaiolas de arame galvanizado, também chamadas de sistema de baterias, devido ao conjunto de 4 ou 5 gaiolas, sobrepostas uma sobre a outra onde há um distanciamento entre os andares de gaiolas e o solo para o armazenamento dos dejetos ali depositados por gravidade. Os mesmos permanecem durante algum tempo até que sejam retirados, manualmente ou por maquinários específicos, apresentando dejetos mais secos, em menor quantidade e volume (SOUZA, 2008; AUGUSTO; KUNZ, 2011). Já nos sistemas automatizados de produção, ou sistemas de produção em baterias verticais, há o uso de mantas ou esteiras coletoras de dejetos, que ficam entre os andares de gaiolas, sendo recolhidos diariamente ou a cada dois dias com a utilização de uma esteira mecânica. Os dejetos possuem características diferentes dos dejetos de sistemas convencionais, pois quando frescos apresentam elevados teores de água, de nitrogênio, de matéria orgânica, além da grande presença de outros compostos e de microrganismos (AUGUSTO; KUNZ, 2011).

Considerando a produção de 28 gramas de dejetos por ave por dia (SOUZA, 2007), e a presença de um plantel formado por 16,8 milhões de codornas no país (dados de 2018 – IBGE, 2018) estima-se que há geração de 470,4 toneladas de dejetos diariamente, uma quantidade muito expressiva. Dessa maneira, é importante buscar alternativas de tratamento/disposição final para os resíduos produzidos.

Em relação à cama aviária, de acordo com Suppadit, Phumkokrak e Pongsuk (2012), há a produção de 0,704 kg desse resíduo por animal, geração desde os estágios iniciais até a sua maturidade. A cama é formada por esterco, penas, ração derramada, materiais palhosos adicionados, como casca de arroz (SUPPADIT et al., 2009).

Além da expressiva produção de dejetos e de cama, também há geração de carcaças de aves que, da mesma forma, podem ocasionar em problemas de contaminação química e microbiológica tanto do solo quanto da água (JÚNIOR et al., 2010). Estimativas apontam que há mortalidade de cerca de 5% do plantel de codornas (SILVA et al., 2018), superior aos 3,5% de frango (GARDONI; AZEVEDO, 2019) o que resultaria em 840 mil aves para descarte anualmente no país.

3.1. Principais características dos resíduos sólidos produzidos na coturnicultura

Como discutido, a coturnicultura produz grande quantidade de resíduos orgânicos, principalmente excretas dessas aves, ricos em nitrogênio, fósforo e potássio, tal qual

apresentado na Tabela 1. Para favorecer a avaliação das características do resíduo, foram também adicionados dados de esterco proveniente da criação de outros animais.

Tabela 1: Características dos dejetos de codornas e de outros animais segundo diferentes autores.

Autor	Resíduo Sólido	pH	CE	ρ	ST	NTK	N _{amon}	P	K	Na	COT	C/N	DBO	DQO
		-	dS m ⁻¹	g L ⁻¹	-----dag kg ⁻¹ -----					-	-----mg L ⁻¹ -----			
1		6,0	13,6	2060	24,5	0,13	0,0229	0,00048	0,039	0,446			659	764*
2	Esterco de codornas	8,4	11,6			3,3					22,7	7		
3						1,3		45,4	15,1		175,6	13		
4						3,1		5,85	12,5					
5	Esterco de galinha	7,9	9,5			4,6					19,2	4		
5	Esterco suíno	7,2	0,7			1,9					22,8	12		
5	Esterco bovino	9,1	3,2			1,1					12,2	11		

Fonte: Autor (2021)

(1) Sousa et. al (2012); (2) Melo et. al (2008); (3) Masruroh, Surpriyono; Minardi (2019); (4) Triatmoko et al. (2020); (5) Melo et.al (2008)

OBS.: Tabela com base em matéria seca. Nos artigos em que os teores foram dados em relação à massa úmida e ao volume, utilizou-se a massa específica e o teor de ST para correção. * Considerou um valor de 764 mg L⁻¹ de DQO, ao invés de 7,64 mg L⁻¹ pois a DQO não pode ser menor do que a DBO.

ρ : massa específica; CE: condutividade elétrica; ST: sólidos totais; NTK: nitrogênio total kjeldahl; N_{amon}: nitrogênio amoniacal; P: Fósforo; K: potássio; Na: sódio; COT: carbono orgânico total; C/N: relação carbono/nitrogênio; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio.

Pelas características apresentadas do resíduo, esse demonstra potencial para utilização na agricultura de acordo com o discutido por Sharma et al. (1997). Possui, por exemplo, pH na faixa de 6,0 a 8,5, o que não prejudicaria o crescimento das culturas (MELO et al., 2008). Por outro lado, sabe-se que mais importante do que essa característica é a forma (frequência e quantidade) que se faz a aplicação, de maneira a não causar modificação do potencial hidrogeniônico, salinização e redução da produtividade no solo (SHARMA et al., 1997)

Outro aspecto importante para aplicação no solo é o teor de nutrientes. Com base na análise da Tabela 1, verifica-se que os dejetos de codornas são ricos em diferentes íons (cátions e ânions), dada a elevada condutividade elétrica (acima de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ – AYERS; WESTCOT, 1994); apresenta altos teores de N, em comparação com outros tipos de dejetos de animais, além de possuir valores interessantes de P e K. Segundo Souza et al. (2012), cerca de metade de N, P e K consumidos na ração administrada para as aves é excretada, o que explicaria os elevados valores. Ainda de acordo com Melo et al. (2008), parte do N presente no resíduo é prontamente disponível, sendo acessível pela planta diretamente. Por outro lado, essa condição implica em maior risco de lixiviação de amônio e nitrato, reforçando a necessidade de aplicação na dosagem correta.

De acordo com o apresentado, também é possível inferir que pode haver influência do tipo de manejo nos teores obtidos, dada a grande variabilidade encontrada nos valores de nutrientes. No trabalho de Sousa et al. (2012), no qual há melhor detalhamento da forma de criação das codornas, descreve-se que as codornas foram criadas em gaiolas, tendo acesso a água de forma contínua e à vontade, podendo ter havido também derrame do líquido sobre o material acumulado nas bandejas, havendo maior diluição do resíduo, em comparação com os demais autores apresentados na Tabela 1. Outro fator que pode influenciar nos teores de nitrogênio é a idade da codorna, havendo aumento com o envelhecimento do plantel (MENDES et al., 2013).

Em relação aos valores da relação C/N, verifica-se que assim como o esterco de outros animais, o de codornas também apresenta baixos valores, indicando ser necessário realizar a mistura com resíduos estruturantes (palhas, cascas, entre outros) para propiciar alcançar a adequada condição para compostagem. Segundo Matos (2014), relações C/N de 25 a 40 são mais adequadas para se obter mais rápida degradação e menores perdas de N. Dessa forma, o acúmulo dos dejetos sobre camas já torna o resíduo mais interessante do ponto de vista de biotransformação. As características da cama aviária podem ser observadas na Tabela 2, assim como a carcaça de frango.

Tabela 2: Características dos outros resíduos gerados na produção de codornas e de frango.

Autor	Resíduo Sólido	θ	NTK	P	K	Na	COT	C/N
		-----dag kg ⁻¹ -----						
1	Carcaça de codorna	65,7	10,2				49,9	4,9
1	Cama aviária	36,6	4,2				45,1	37,6
2	Cama de frango		2,41	1,77	2,60	0,71		
2	Carcaça de aves		2,60	9,50	0,06	0,44		

Fonte: Autor (2021).

OBS.: Tabela com base em matéria seca.

(1) Valente e Xavier (2015); (2) Orrico Júnior, Orrico e Lucas Júnior (2010);

θ: teor de água; NTK: nitrogênio total kjeldahl; P: Fósforo; K: potássio; Na: sódio; COT: carbono orgânico total; C/N: relação carbono/nitrogênio.

A cama aviária possui relação C/N que pode estar dentro da faixa recomendada para compostagem, como apresentado na Tabela 2, enquanto a carcaça de codornas também requer utilização de materiais de maior relação carbono e nitrogênio (LO MONACO et al., 2013). Outra informação que se pode retirar do compilado de autores, é que há elevados teores de matéria orgânica em ambos resíduos, sendo interessante para adição no solo, de forma a melhorar suas propriedades físicas, químicas e biológicas (CAMPOS; ALVES, 2008; MARIA et al., 2010; CARMO et al., 2016).

3.2. Principais características das águas residuárias da criação de codornas

Na Tabela 3, estão apresentadas as poucas informações disponíveis na literatura a respeito das características da água residuária gerada na criação de codornas, e para efeito de comparação, também serão apresentadas as características de efluentes gerados na criação de frangos, suínos e gado.

Tabela 3: Características das águas residuárias de codornas e de outros animais segundo diferentes autores.

Autor	Água Residuária	pH	ST	NTK	N _{amon}	P	DBO	DQO
		-----mg L ⁻¹ -----						
(1)	Coturnicultura	8,05	105	30,2	2,3	0,95	68	
(2)	Avicultura				29,85	12		510
(3)	Suinocultura	7,08		272		60	290	704
(4)	Bovinocultura	7,84	7492	697		132		16539

Fonte: Autor (2021).

(1) Suppadit (2010); (2) Xiong et al. (2021); (3) Ramos et al. (2017); (4) Erthal et al. (2010).

ST: sólidos totais; NTK: nitrogênio total kjeldahl; N_{amon}: nitrogênio amoniacal; P: Fósforo; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio.

Segundo Parker e Brown (2003), o consumo de água varia com a idade, sendo que há aumento da demanda para animais mais velhos. Aves com apenas 1 semana de vida, por exemplo, consomem em torno de 0,20 L ave⁻¹ d⁻¹, enquanto que ao atingir 20 semanas, o consumo aumenta para aproximadamente, 1,50 L ave⁻¹ d⁻¹ de água. Ainda que uma pequena fração desse volume retorne como água residuária, juntamente com as contribuições da água utilizada para limpeza, deve-se realizar o manejo adequado desse efluente. Em razão do considerável potencial poluidor, que possui em sua composição matéria orgânica, nutrientes e patógenos (POPA, et al., 2019), o tratamento biológico pode ser indicado para mitigação dos possíveis impactos que podem ser causados ao meio ambiente.

Das poucas informações disponíveis, verifica-se que a água residuária de codornas é menos concentrada do que a gerada na limpeza de instalações de frangos e de muitas das águas residuárias de criatórios de animais e do esgoto sanitário. Em comparação com a Deliberação Normativa COPAM 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008), por exemplo, a água residuária teria, antes do tratamento, pH (faixa 6,0-9,0) e nitrogênio amoniacal (limite 20,0 mg L⁻¹) em conformidade com os padrões para lançamento; e concentrações de DBO e SST próximo ao limite (60,0 e 120 mg L⁻¹, respectivamente).

4. TRATAMENTO/APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS

Para escolher o melhor tratamento/aproveitamento dos resíduos gerados, deve-se considerar a quantificação e a caracterização dos subprodutos gerados. A quantificação é de extrema importância, pois implica no direcionamento dos reatores e no manejo do

subproduto, e a caracterização do dejetos permite tomar melhores decisões em relação a sua aplicação (AUGUSTO, 2005). Com base nas características apresentadas nas Tabelas 1 e 2, pode-se observar elevados teores de matéria orgânica e nutrientes, havendo potencial para utilização de técnicas de biodigestão, aplicação no solo e geração de energia.

Nas Tabelas 4 e 5, estão apresentadas de forma resumida as possíveis formas de tratamento/aproveitamento dos resíduos gerados na criação de codornas, bem como suas vantagens e desvantagens.

Tabela 4: Tratamento/aproveitamento dos resíduos sólidos da coturnicultura.

Resíduos Sólidos				
Tratamento/Aproveitamento	Resíduos	Detalhe operacional	Vantagem	Desvantagem
Compostagem	Esterco de codorna	Necessário a utilização de materiais estruturantes; Relação C/N entre 25 e 40.	Baixo custo;	Exalação de odores nos primeiros dias.
	Carcaça de codorna		Não necessita de mão de obra especializada;	
	Cama aviária		Redução do volume do resíduo; Bom adubo orgânico.	
Biodigestor Anaeróbio	Esterco de codorna	Degradação da matéria orgânica na ausência de luz e de oxigênio em um ambiente fechado.	Geração de dois produtos: Biogás; Biofertilizante.	Carcaças pouco utilizadas devido à dificuldade de manipulação e eliminação de excesso de gordura, penas e ossos.
	Carcaça de codorna			
Biocarvão	Esterco de codorna	Formado a partir do aquecimento em temperaturas baixas (entre 400 e 800°C) em ambiente fechado, com suprimento limitado de oxigênio.	Aumenta retenção de água no solo; Aumento do sequestro de carbono; Aumento da umidade do solo; Diminui os teores de metais pesados no solo.	-
	Cama aviária			
Aplicação no solo	Esterco de codorna	Necessário cálculo correto da dosagem.	Aumento da fertilidade do solo; Maior produtividade da cultura.	Sem tratamento, pode causar odores e contaminação das águas superficiais e subterrâneas
	Cama aviária			

Fonte: Autor (2021).

Tabela 5: Tratamento/aproveitamento das águas residuárias da criação de codornas.

Tratamento/Aproveitamento	Unidade utilizada	Vantagem	Desvantagem
Tratamento Preliminar	Gradeamento	Remoção de sólidos grosseiros.	Necessário a retirada dos materiais retidos
Tratamento Primário	Decantador	Material acumulado rico em nutrientes.	-
Tratamento Secundário	Lagoa Anaeróbia	Baixos custos; Nutrientes mais disponíveis para absorção das culturas; Redução da demanda de área nas etapas posteriores.	Risco de exalação de odores; Emissão de gases, como amônia e metano.
Fertirrigação	-.	Ganhos do ponto de vista ambiental, econômico e de melhoria dos atributos do solo.	Uso excessivo do efluente, pode acarretar em poluição do solo, da água e do ar, a bioacumulação de elementos tóxicos, salinização e impermeabilização do solo.

Fonte: Autor (2021).

4.1. RESÍDUOS SÓLIDOS

4.1.1. Compostagem

A compostagem pode ser definida como sendo um processo biológico realizado por microrganismos em ambiente úmido (mantido pelo manejo correto), aquecido (dado o metabolismo microbiano) e aeróbio, com produção de dióxido de carbono, água, minerais e de um composto orgânico de alto poder nutritivo (PAULA et al., 2010). É uma estratégia interessante, portanto, para o tratamento de dejetos de aves poedeiras, pois além de ser um tratamento de baixo custo, reduz o volume do resíduo e não requer mão de obra qualificada (AUGUSTO; KUNZ, 2011). Soma a isso, o fato de que os dejetos de codornas apresentam elevada concentração de nitrogênio e potássio, podendo resultar em adubo orgânico de boa qualidade nutricional (SOUZA, et al., 2012).

Para a realização da compostagem, é necessário um resíduo nutritivo (de baixa relação C/N – carbono/nitrogênio) e um resíduo estruturante (alta relação C/N), assim deve-se misturar ao esterco, quantidades de resíduo vegetal, podendo ser utilizado maravalha, serragem, palhada de trigo, centeio, soja, dentre outros (MAZZUCO, et al., 2006; MATOS,

2014). A importância dessa mistura é obter relação C/N adequado (entre 25 e 40), aumentando velocidade de degradação e reduzindo perdas de N por volatilização.

Ao mesmo tempo deve-se manter o pH adequado, permitir uma boa ventilação da mistura, realizar o controle do teor de água, além de evitar a exalação de maus odores, que podem aparecer nos primeiros 3 a 5 dias. Neste caso, sugere-se fazer a cobertura com palha na fase inicial (MATOS, 2014).

Os processos de biotransformação do material orgânico na compostagem dependem também da temperatura, sendo classificadas em mesofílica e termofílica (GOLUEKE, 1977). Segundo Kiehl (1985), a compostagem mesofílica ocorre quando a temperatura se encontra entre 45°C a 55 °C, enquanto a termofílica se dá quando a temperatura do processo é superior a esses valores. Ambiente com temperaturas maiores do que 65 °C podem levar a desnaturação de proteínas dos microrganismos envolvidos no composto, ao passo que valores inferiores a 40 °C, resultam em menores taxas de quebra das ligações carbônicas (MATOS, 2014).

Em relação ao conteúdo de água, é importante manter valores entre 40 e 60 dag kg⁻¹, de forma a permitir o metabolismo microbiano sem reduzir as trocas gasosas e a aeração do leito (natural ou artificial), essencial para manutenção das condições aeróbias (COOPER et al., 2010; MATOS, 2014; SOUZA et al., 2020).

Assim, durante a compostagem, deve-se monitorar a temperatura e o teor de água, adequando para as condições descritas, além de acompanhar as variações da condutividade elétrica, pH e relação C/N, de forma avaliar o grau de maturação do composto (MATOS, 2014). Paiva et al. (2015) recomendam ainda a quantificação da relação CTC (capacidade de troca catiônica) e do carbono orgânico total (COT), pois permite uma melhor caracterização do estágio do processo de biotransformação do material orgânico.

São várias as possíveis técnicas utilizadas na compostagem, podendo separar em processos em que se varia a forma de aeração do material orgânico e os procedimentos para realizar o reviramento. Para permitir as trocas gasosas e a entrada de oxigênio, favorecendo as condições aeróbias, pode-se realizar o reviramento manual ou mecânico, sendo denominado processo *Windrow*. Por sua vez, de forma a reduzir a dependência dos fatores ambientais e diminuir a demanda de área (pela redução do tempo de maturação), a alternativa é a utilização das leiras estáticas aeradas (LEA), com insuflação de ar por tubulações perfuradas. No entanto, caso se queira ainda maior controle do processo, existem os reatores fechados mecanizados (*Vessel*) (PINTO, 2001; PAIVA, et al., 2015; GARDONI; AZEVEDO, 2019), em que há ainda menor demanda de tempo para obtenção do composto orgânico.

A compostagem pode ser empregada no tratamento dos dejetos das codornas, bem como no tratamento de carcaças de aves mortas, sendo uma das alternativas mais utilizadas para redução do volume do resíduo e preparo para a disposição final. Segundo Augusto e Kunz (2011), a biotransformação de carcaças por esse processo, no entanto, difere da compostagem dos demais subprodutos da criação de aves por ocorrerem concomitantes as degradações aeróbias do exterior para o interior das carcaças, e anaeróbias de dentro para fora.

A carcaça também deve ser misturada com resíduos estruturantes como bagaço de cana-de-açúcar, palha de café e serragem, materiais que muitas vezes compõem a cama de aves (LO MONACO et al., 2013). Valente e Xavier (2015) por exemplo, observaram que a adição da cama composta por maravalha acelerou a compostagem da carcaça de codorna. Por outro lado, caso a cama possua relação C/N menor que 25, em razão do grande acúmulo de dejetos avícolas, esse resíduo também pode ser misturado aos citados subprodutos agroindustriais (TEIXEIRA; MATOS; MELO, 2016).

Outro aspecto importante em relação à carcaça e à compostagem diz respeito ao tamanho de partículas. Recomenda-se partículas com tamanho entre 30 e 50 mm, condição que propicia tanto maior superfície específica para ataque microbiano quanto porosidade para as trocas gasosas e aeração (MATOS, 2014). Apesar da trituração da carcaça de animais de pequeno porte parecer desnecessário, essa prática pode acelerar o processo de degradação da matéria orgânica como demonstrado por Paiva et al. (2012). Os mesmos autores ainda observaram que a palha de café foi mais efetiva como material estruturante do que o bagaço de cana de açúcar na compostagem da carcaça de frango, em função da sua maior degradabilidade.

O processo de biotransformação do material orgânico dura em torno de 90 dias (dependendo da opção escolhida), resultando em um composto orgânico de alta qualidade do ponto de vista fertilizante, com maior disponibilização de nutrientes e menor relação C/N (MATOS, 2014; TEIXEIRA; MATOS; MELO, 2016). Recomenda-se ainda, ao final da compostagem, o peneiramento, de forma a propiciar a separação de penas, ossos maiores, bicos e outros resíduos de maior granulometria que não foram degradados (AUGUSTO; KUNZ, 2011).

Em relação à questão microbiológica, somente há regulamentação para a utilização do lodo de esgoto, previsto na Resolução CONAMA 375/2006, que foi atualizado pela CONAMA 498/2020 (BRASIL, 2006; BRASIL, 2020). Essa última então pode ser utilizada como referencial para avaliação da qualidade do composto produzido. Em função das altas

temperaturas proporcionadas na biodegradação aeróbia, a compostagem é considerada uma etapa de higienização de biossólidos (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001; BRASIL, 2020), e resulta em materiais com baixas contagens de organismos patogênicos (PAIVA et al., 2012).

4.1.2. Biodigestor anaeróbio

A biodigestão anaeróbia é o processo biológico de degradação da matéria orgânica, que ocorre na ausência de luz e de oxigênio, resultando na geração de biogás, formado por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e outros gases (CHERNICHARO et al., 2015). Assim sendo, é uma técnica de tratamento com potencial de geração e aproveitamento energético, que pode ser utilizado em substituição aos combustíveis fósseis. Com essa alteração, pode-se reduzir os impactos ambientais causados tanto pela utilização dos derivados do petróleo, quanto pela emissão desses gases gerados na degradação anaeróbia (SILVA; PELÍCIA, 2012). Além disso, o composto orgânico resultante da biotransformação pode ser utilizado como fonte de macro e micronutrientes no solo (STEIL, et al., 2003).

De maneira prática, o biodigestor é constituído de uma câmara fechada onde o material orgânico é colocado, em solução aquosa, para que ocorra a decomposição, com acúmulo de biogás na parte superior do referido reator, e de lodo na parte inferior (DEGANUTT, et al., 2002). Os biodigestores utilizados no meio rural classificam-se em dois grupos: os de alimentação contínua com adição diária de substratos, e os que são abastecidos em batelada ou alimentação intermitente (TARRENTO; MARTINEZ, 2006).

O uso do biodigestor anaeróbio é uma alternativa viável para o tratamento tanto do esterco de aves poedeiras quanto de suas carcaças, representando uma forma ambientalmente correta (SILVA; PELÍCIA, 2012). Can et al. (2009), por exemplo, observaram maior volume de biogás produzido com dejetos de codornas do que com esterco bovino e de avestruz, além de subprodutos gerados em um matadouro, indicando o potencial de aproveitamento do rejeito na produção de energia. Segundo um levantamento realizado por Salminen e Rintala (2002), pode-se gerar de 0,20 - 0,25 m^3 de CH_4 . kg^{-1} de carcaça de aves e de 0,10 - 0,15 m^3 de CH_4 . kg^{-1} de cama de frango. O biogás tratado tem potencial energético equivalente a 0,6 m^3 de gás natural, 0,628 L de gasolina, 0,575 L de óleo combustível ou 1,602 kg de lenha seca (ROSS, et al., 1996). Vale ressaltar, que, no entanto, devido à dificuldade de manipulação e eliminação de excesso de gordura, penas e ossos, por exemplo, as carcaças de aves ainda são pouco utilizadas na produção de biogás, apesar de possuir um elevado potencial de geração de metano (JÚNIOR, et al., 2010).

4.1.3. Biocarvão

O biocarvão, do termo em inglês “biochar”, é um produto formado a partir da pirólise, técnica de alteração da conformação estrutural, a partir do aquecimento (a 400-800 °C) da biomassa em ambiente fechado, com suprimento limitado de oxigênio e em temperaturas relativamente baixas (LEHMANN, 2007; TRAZZI, et al., 2018). O biocarvão se distingue do carvão vegetal e de outros materiais similares, pelo fato de ser produzido com a intenção de incorporar íons de soluções ricas e liberar cátions e ânions no solo (LEHMANN; JOSEPH, 2009).

Segundo Lehmann (2007), a utilização de biocarvões ainda permite aumentar a retenção de água e o sequestro de carbono no solo, favorecendo melhorias dos atributos físicos (maior umidade do solo) e contribuindo para redução da contribuição do solo para o efeito estufa.

Os benefícios dos biocarvões dependem do material utilizado para a sua produção. Se feitos a partir esterco e esgoto, por exemplo, apresentam maiores teores de nitrogênio do que aqueles produzidos com alto conteúdo de lignocelulose (materiais cuja composição apresenta lignina e celulose), como serragem e maravalha (AMONETTE; JOSEPH, 2009; ENDERS et al., 2012). Assim, o emprego de dejetos de galinhas proporciona a geração de compostos com boas características nutricionais graças a riqueza em nutrientes como N (68,9 g kg⁻¹), P (36,26 g kg⁻¹) e Ca (67 g kg⁻¹) (FIGUEROA et al., 2012). Observando os dados apresentados na Tabela 1, percebe-se que os estercos de codorna também apresentam boas características para a produção de biocarvão.

Suppadit, Phumkokrak e Pounsuk (2012) observaram na prática o potencial de emprego de biocarvões preparados com cama de codornas no solo, tendo sido encontrado o valor ótimo de aplicação de 1,6 kg por m² do material, aumentando o desenvolvimento da soja. Segundo os autores, valores maiores que esses podem causar elevação do pH acima dos valores recomendados para produção agrícola. A adição do biocarvão ainda pode propiciar redução dos teores de metais pesados no solo, favorecendo o desenvolvimento vegetal e reduzindo os riscos de contaminação do meio físico (SUPPADIT et al., 2012).

4.1.4. Aplicação no solo

Dado o alto teor de proteínas presente nas rações fornecidas para aves em confinamento, gera-se um esterco rico em nutrientes, com grande potencial de aplicação nos solos para fins agrícolas (SANTOS, et al., 2010). Augusto e Kunz (2011), no entanto, ressaltam que dada a grande presença de material orgânico e nitrogênio amoniacal, o último

proveniente do ácido úrico excretado pelas aves, não é recomendado a aplicação *in natura* no solo. Isso é, deve-se realizar um pré-tratamento antes da utilização como fonte de nutrientes no solo, dado o risco de volatilização e liberação de gases e odores. A técnica passa também pelo adequado controle da quantidade aplicada por área.

Mesmas afirmações valem também para a cama de codornas, que são ricas em matéria orgânica e N, P e K, e se não é feito o manejo correto pode levar a geração de odores e risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Por essa razão, alguns autores sugerem tratamentos como peletização, extrusão e o tratamento térmico, como a confecção de biocarvões (SUPPADIT, 2002; SUPPADIT, 2005; SUPPADIT, 2009; SUPPADIT; PHUMKOKRAK; POUNGSUK, 2012).

Outra abordagem que torna segura a aplicação é o cálculo correto da dosagem, levando em conta aspectos como os teores presentes no resíduo e existentes no solo, o requerimento da cultura, e a taxa de mineralização do nitrogênio orgânico, como no método DEA/UFV (Equação I) desenvolvido e apresentado em Matos (2014). Por ser rico em nitrogênio, esse é o elemento químico referência dos dejetos e da cama de codornas, podendo ser utilizada a Equação I.

$$Dres = 1000 \times \left[\frac{Nabs - \left(Tm1 \times mo \times ps \times p \times 107 \times 0,05 \times \frac{n}{12} \right)}{Tm2 \times n / 12 \times Norg + Namon + Nnitr \times PR} \right] \quad (I)$$

Onde:

Dres - dose a ser aplicada ($t \text{ ha}^{-1}$);

Nabs – absorção de N para obtenção da produtividade desejada ($kg \text{ ha}^{-1}$);

Tm1 – taxa anual de mineralização da m.o. (matéria orgânica) já existente no solo (0,01 a 0,15 $kg \text{ kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

mo – conteúdo de matéria orgânica do solo ($kg \text{ kg}^{-1}$);

ps – massa específica do solo ($t \text{ m}^{-3}$);

p – profundidade do solo considerada (m) - geralmente 20 cm de solo;

n – fração (sendo n o número de meses) considerada do ano do cultivo (ano);

Tm2 – taxa de mineralização do Norg (nitrogênio orgânico);

Norg – nitrogênio orgânico ($g \text{ kg}^{-1}$);

Namon – nitrogênio amoniacal ($g \text{ kg}^{-1}$);

Nnitr – nitrogênio nítrico ($g \text{ kg}^{-1}$).

PR – proporção na recuperação do N mineral pela cultura ($kg \text{ kg}^{-1}$):

* aplicação subsuperficial ou culturas com sistema radicular extensivo: 0,7 a 0,85;

* culturas anuais: 0,5.

No caso de aplicações sucessivas, deve-se considerar a taxa de mineralização acumulada do material orgânico no solo, já que ano após ano vai restando nitrogênio a ser disponibilizado.

Com a adequada aplicação dos resíduos, há aumento da fertilidade do solo, implicando em maior produtividade das culturas (CARMO et al., 2016).

4.2. ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Segundo Konzen (1980) e Steil et al. (2002), águas residuárias de criatórios animais podem causar impactos negativos ao meio físico, em razão da possível presença de matéria orgânica, nutrientes, metais pesados e patógenos. Assim, torna-se importante o adequado tratamento, visando mitigar os impactos da sua disposição no ambiente.

No entanto, como não é realidade de muitas instalações de criatório de codorna, a geração de expressivos volumes de água residuária, não há uma vasta fonte de artigos e outros trabalhos científicos a respeito do tratamento dos efluentes líquidos, havendo maior riqueza de informações ligada ao abate de aves. Além disso, por vezes, há a dificuldade de definir entre um resíduo sólido com elevado teor de água e uma água residuária com alto teor de sólidos. Segundo Mukhtar (2005), os dejetos com teor de sólidos totais (ST) com até 4% é classificado como dejetos líquidos, de 4-10% como “pasta”, de 10-20% denominado como semissólido e com mais de 20% são considerados sólidos.

Para a construção dos tópicos a seguir, foram utilizados muitos trabalhos provenientes de outros países, como a Tailândia, em que o manejo de resíduos é diferente, com maior emprego de água na limpeza, além das já citadas contribuições da limpeza de comedouros e bebedouros. Também foram considerados trabalhos relativos à criação de frangos, dada a boa similaridade dos setores, além da água residuária proveniente da criação intensiva de outros animais, para ilustrar.

Os dejetos líquidos ou águas residuárias da criação de codornas (ARCC) geralmente são resultantes da limpeza das instalações com água. Os intervalos de remoção via líquida do esterco líquido podem variar de lavagem diária a uma vez por semana, porém na maioria dos galpões que têm gaiolas sobrepostas, a frequência de lavagem é uma vez por dia com duração de 20 minutos, usando entre 38 m³ e 76 m³ de água de descarga (MUKHTAR, 2005).

4.2.1. Tratamento

No tratamento da ARCC, pode-se considerar algumas etapas, sendo de grande importância o tratamento preliminar para remoção de materiais grosseiros como maravalhas, pedaços de madeira, palhas, etc., com utilização de peneiras e grades (GEBLER; PALHARES, 2007).

Passa-se então ao tratamento primário, com utilização de decantadores para separação dos sólidos que sedimentam e ficam retidos no fundo. O material acumulado então é encaminhado para tratamento complementar, como compostagem, por exemplo, ou para disposição no solo (GEBLER; PALHARES, 2007).

Por apresentar elevada concentração de matéria orgânica e nutrientes, o tratamento biológico é indicado. Dessa forma, o emprego de lagoas anaeróbias pode-se se tornar satisfatória, visto que sua principal função é reduzir a carga orgânica da água residuária. Além disso, a sua implementação possui baixos custos, torna os nutrientes mais disponíveis para absorção das culturas e permite reduzir a demanda de área das etapas posteriores (MUKHTAR, 2005; KUNZ et al., 2004; VON SPERLING, 2005). Como desvantagens, no entanto, cita-se o risco de exalação de odores e a emissão de gases, como amônia e metano (KUNZ et al., 2007). Porém, esse fato ocorre com aplicação de cargas excessivas (acima das recomendadas) e, além disso, pode-se reduzir o problema com a cobertura das estruturas e a captação dos gases (MCCABE et al., 2013).

O líquido tratado em lagoas anaeróbias pode seguir dois caminhos alternativos: 1) Prosseguir com o tratamento para a complementação da remoção de matéria orgânica e haver efetiva redução das concentrações de nutrientes, com posterior disposição nos cursos d'água; 2) Aproveitar a forma química mais disponível dos nutrientes para realização a aplicação no solo, com melhoria dos atributos do mesmo (MUKHTAR, 2005).

A fertirrigação (aplicação de águas residuárias no solo) será discutida no item a seguir. Prossegue-se então a apresentação do tratamento na concepção citada por Suppadit (2010) como a mais comum para o tratamento de efluentes provenientes da criação de codornas na Tailândia. Essa é composta por lagoas com a presença de algas e plantas aquáticas, um misto entre lagoas de estabilização e sistemas alagados construídos de escoamento superficial (SAC-ES). No trabalho do referido autor, foi utilizada a planta aquática lentilha de água (*Wolffia arrhiza*), sendo que o tempo de detenção hidráulica (TDH) de 30 dias proporcionou as melhores condições para crescimento da espécie vegetal e para a remoção de DBO, sólidos suspensos e nutrientes.

Com base na concepção de tratamento citado nos trabalhos de Mukhtar (2005) e Suppadit (2010), há diversas pesquisas com utilização de microalgas (WANG et al., 2016), sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial e vertical (FIA et al., 2017; SARMENTO; BORGES; MATOS, 2013; SOUZA et al., 2020; UNGUREANU et al., 2019) no tratamento de águas residuárias da suinocultura, cães e bovinos. Ainda em relação ao tratamento de efluentes gerados na criação de animais, pode citar a utilização de reatores UASB e similares (AMORIM et al., 2015), tanques sépticos e filtros biológicos aerados submersos (SOUZA et al., 2018, 2020) e lodos ativados (PEREIRA; KUNZ; SENNA, 2011).

4.2.2. Fertirrigação

A fertirrigação é uma técnica que objetiva realizar o reúso da água e aproveitamento de nutrientes presentes nas águas residuárias, reduzindo o consumo de água para irrigação, a utilização de fertilizantes e os impactos ambientais da má disposição de efluentes (MATOS, 2005; BALKS et al., 1998). Consequentemente, há ganhos do ponto de vista ambiental, econômico e de melhoria dos atributos do solo (MATOS; MATOS, 2017).

Sabe-se que as águas residuárias de criatórios de animais apresentam elevado teor de matéria orgânica e nutrientes, o que pode proporcionar melhoria no desenvolvimento do sistema radicular das plantas; melhoria nas condições físicas (estruturação e retenção de água), químicas (disponibilidade de nutrientes) e biológicas do solo (maior diversidade microbiana e produtividade), redução à plasticidade e coesão (facilitando o manejo do solo); minimização da variação da temperatura do solo; aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), reduzindo o risco de lixiviação e empobrecimento do solo; aumento do poder tampão do meio; diminuição da massa específica aparente e aumento da porosidade (BEDBABIS et al., 2010; YANG et al., 2011; CONDÉ, et al., 2012).

No entanto, deve-se atentar aos riscos ambientais devido ao uso excessivo do efluente, pois pode acarretar em poluição do solo, da água e do ar, a bioacumulação de elementos tóxicos, salinização e impermeabilização do solo (CONDÉ, et al., 2012). Para que se possa ter todos os benefícios citados sem causar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, deve-se fazer a aplicação com base em critérios, que levam em conta a concentração de nutrientes no efluente, teores já existentes no solo e o requerimento da cultura (SOUZA, et al., 2017; MATOS; MATOS, 2017). A partir dessa análise, define-se o elemento químico referência, aquele que tem a necessidade nutricional da planta alcançado com a menor dose aplicada (MATOS; MATOS, 2017). Sabendo das elevadas concentrações de nitrogênio em águas residuárias do criatórios de animais (BATISTA et al., 2014), pode-se empregar a

Equação I, adaptando para a condição de efluentes líquidos, com concentrações em mg L^{-1} e valores obtidos em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (MATOS; MATOS, 2017).

Além da dose de aplicação, deve-se observar outros critérios para minimização de risco de contaminação de águas subterrâneas. Recomenda-se a escolha de solos argilosos com boa capacidade de drenagem, caso de latossolos; ambientes com profundidade de lençol superior a 1,5 m, de forma que haja mais camadas de solo reativo para sorção de poluentes (MATOS, 2007; VON SPERLING, 2005).

A disposição da água residuária no solo pode ser feita de diferentes formas: como inundação, sulcos, aspersão, gotejamento ou através de chorumeiras (VON SPERLING, 2005; MATOS; MATOS, 2017), devendo-se observar o risco de deriva pelo vento e o risco de entupimento do sistema de aplicação. Souza et al. (2017) avaliaram águas residuárias da avicultura (ARA) com diferentes concentrações de sólidos e distintos diâmetros de microaspersores e encontraram condições ótimas para aplicação com 27 horas de funcionamento. Em outro trabalho realizado por Souza, Moreira e Deniculi (2011), foi feita a modelagem da perda de carga com a aplicação da ARA, sendo possível encontrar equações empíricas que poderiam ser empregadas para dimensionamento dos sistemas de bombeamento desse tipo de água residuária.

Ainda sobre a preocupação em relação ao entupimento dos emissores, Medeiros et al. (2011) recomendam que o pH da água residuária deve ser mantido entre 5,5 e 6,0, pois pH acima de 7,5 pode acarretar na precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio, provocando obstrução. Dessa forma, a água residuária da criação de codornas pode requerer acidificação prévia (vide Tabela 3), pois se encontra acima do especificado pelos autores.

5. CONCLUSÕES

Com base na revisão realizada, observou-se que:

- Os resíduos gerados na criação de codornas (esterco, cama e carcaça) apresentam elevados teores de nitrogênio, bons teores de carbono orgânico e comumente, baixa relação C/N;
- Face a essas características, é recomendado a realização da compostagem misturando a resíduos agroindustriais estruturantes (alta relação C/N); aplicação no solo com base no elemento químico referência N; a confecção de biocarvões; ou a digestão anaeróbia, para geração de energia;
- A geração da água residuária não é uma realidade na maioria das instalações de criação de codornas. Se produzida, é resultante da troca de água em bebedouros e da limpeza dos criatórios;
- Há poucas informações a respeito das características da água residuária da criação de codornas, porém para o efluente gerado na limpeza de baias de suínos, bovinos, cães e frango, recomenda-se a utilização do tratamento por lagoas de estabilização e sistemas alagados construídos. Pesquisas também já foram realizadas com a utilização dessas águas residuárias como fonte de nutrientes no solo, técnica que pode resultar na redução dos custos com água e adubação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMONETTE, J.E.; JOSEPH, S. Characteristics of biochar: microchemical properties. In: LEHMANN, J., JOSEPH, S., eds. **Biochar for environmental management: science and technology**. London: Earthscan, 2009. p.33-52.

AMORIM, F. de et al. Unidade combinadas RAFA-SAC para tratamento de água residuária de suinocultura – Parte 1 Carga Orgânica Removida. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.6, p.1149-1159, nov./dez. 2015.

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. v.6., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 484 p., 2001
AUGUSTO, K. V. Z.; KUNZ, A. Tratamento de dejetos de aves poedeiras comerciais. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p.153-174, 2011.

AUGUSTO, K. V. Z. Manejo de dejetos em granjas de postura comercial. **Revista Avicultura Industrial**, n.5, 2005.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO, 1999, 153p.

BALKS, M. R.; BOND, W. J.; SMITH, C. J. Effectsof sodium accumulation on soil physicalproperties under an effluent-irrigated plantation.Australian **Journal of Soil Research**, v.36, p.821-830, 1998.

BATISTA, R. O. et. al. **Manejo de Águas Residuárias da Bovinocultura de Leite para uso em Cultivo de Plantas**. 100. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2014.

BEDBABIS, S. et al. Effects of irrigation with treated wastewater on olive tree growth, yield and leaf mineral elements at short term. **Scientia Horticulturae**, v.126, n.3, p.345–350, 2010.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 32p., 2006.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 498, de 19 de agosto de 2020. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências. 8p., 2020.

CAMPOS, F. da S. de; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1389-1397, 2008.

CAN, E. et al. Determined of Biogas Production Amounts from Cattle, Quail and Ostrich Manures, and Slaughterhouse Waste and Spinach. *In.*: 25TH AGRICULTURAL MECHANIZATION CONGRESS, Proceeding....., 2009.

CARMO, D. L. do; LIMA, L. B.; SILVA, C. A. Soil Fertility and Electrical Conductivity Affected by Organic Waste Rates and Nutrient Inputs. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, ago. 2016.

CHERNICHARO, C. A. L., VAN LIER, J. B., NOYOLA, A. et al. Anaerobic sewage treatment: state of the art, constraints and challenges. **Rev Environ Sci Biotechnol**, v.14, p.649–679, sept. 2015.

COOPER, M. et al. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: teórico e prático**. Piracicaba: ESALQ, 2010.

CONDÉ, M. S. et al. Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.1, 2012.

DEGANUTTI, R. et al. Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada. *In*: 4 ENCONTRO DE ENERGIA MEIO RURAL. 2002, São Paulo. **Anais[...]**. São Paulo: UNESP, 2002.

ENDERS, A. et al. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. **Bioresource technology**, v.114, p.644–53, june 2012.

ERTHAL, V. J. T. et al. Alterações físicas e químicas de um argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

FIA, F. R. L. et al. Efeito da vegetação em sistemas alagados construídos para tratar águas residuárias da suinocultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental** v.22, n.2, p.303-311, mar./abr. 2017.

FIGUEROA, E. A.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; WIETHÖLTER, S. Dose de esterco de ave poedeira e suprimento de nitrogênio à cultura do trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.714–720, jul. 2012.

GARDONI, R. A. de P.; AZEVEDO, M. de A. Estudo da biodegradação de carcaças de aves por meio do processo de compostagem em biodigestores fechados descontínuos. **Eng. Sanit. Ambient**, v.24, n.3, p.425-429, maio/jun. 2019.

GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P. **Gestão Ambiental na Agropecuária**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 310 p. 2007.

GOLUEKE, C. G. Biological processing: composting and hydrolysis. **Handbook of solid waste management**, p.197-225, 1977.

HACHMANN, T. L. et al. Resíduos de aves e suínos: Potencialidades. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.8, n.5, p.59-65, dez. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal**. 2018. Disponível em:

- https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf. Acesso em 05 jan. 2020.
- JÚNIOR, M. A. P. O.; ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, J. de L. Biodigestão anaeróbia dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.546-554, maio/jun. 2010.
- KIEHL, Edmar José. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1985.
- KONZEN, E. A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em forma líquida**. Belo Horizonte, MG, 1980.
- KUNZ, A. et al. **Recomendações técnicas para uso de esterqueiras para a armazenagem de dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 4p. 2004.
- KUNZ, A. et al. **Gestão Ambiental na Agropecuária**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 314p. 2007.
- LEHMANN, J. A handful of carbon. **Nature**, v.447, p.10- 11, may. 2007.
- LO MONACO, P. A. V. et al. Avaliação da relação C/N e da qualidade do composto produzido em leiras de compostagem de carcaças e diferentes camas de criatório de frangos. **Engenharia na Agricultura**, v.21, n.6, p.563-573, nov./dez. 2013.
- MCCABE, B. K et al. Assessing a new approach to covered anaerobic pond design in the treatment of abattoirwastewater, **Australian Journal of Multi-Disciplinary Engineering**, v.10, n.1, p.81-93, 2013.
- MARIA, I. C. de et al. Sewage sludge application to agricultural land as sil physical conditioner. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.3, p.967-974, maio/jun. 2010.
- MASRUROH, A.; SURPRIYONO; MINARDI, S. Rock Phosphate, Zeolite and Quail Manure to Enhance Potassium Uptake and Yield of Soybean on Alfisols. **AJSSPN**, v.5, p.1-9, 2019.
- MATOS, A. T.; MATOS, M. P. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2017.
- MATOS, Antônio Teixeira de. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos**. 1. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2014.
- MAZZUCO, H. et al. **Boas Práticas de Produção na Postura Comercial**. Concórdia: Embrapa, Cartilha, 40p. 2006.
- MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. de O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.32, p.101-110, 2008.

MEDEIROS, J. F. de et al. Determinação e preparo da solução de fertilizantes para fertirrigação. *In: IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO EM FRUTEIRAS E HORTALIÇAS*. Brasília: Embrapa, 2011. Cap. 8, p. 265.

MENDES, M. A. S. A. et al. Determination of nitrogen content in manure from quails raised under thermoneutral conditions and heat stress. *In: 6TH EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION LIVESTOCK FARMING*. Leuven. **Precision Livestock Farming**, 2013, p.894-898.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial de Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG, 05 de maio de 2008. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151> >. Acesso em: 01 maio 2021.

MUKHTAR, S. Poultry Production: Manure and Wastewater Management. **Encyclopedia of Animal Science**. 270p. 2005.

OLIVEIRA, J. C. de et al. Diagnóstico ambiental dos resíduos resultantes da produção de frango de corte: um estudo de caso. *In: 1º CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE*, 2018, Gramado: **Anais [...]**. Gramado: IBEAS, 2018.

OLIVEIRA, R. V. et al. Consumo, digestibilidade aparente de nutrientes e disponibilidade de minerais em ovinos, em função de diferentes níveis de cama de frango na dieta. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.33, n.4, p.1060-1070, 2004.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P. J.; ORRICO, A. C. A; JÚNIOR, J. de L. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**. v.30, p.538-545, maio/jun. 2010.

PAIVA, E. C. R. et al. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Engenharia Agrícola**, v.32, p.961-970, set./out. 2012.

PAIVA, E. C. R. et al. Parâmetros para monitoramento da compostagem de carcaças de frango. **Engenharia na Agricultura**, v.23, n.5. 457- 465, set./out. 2015.

PAULA, L. G. A.; CESAR, V. R.; OLIVEIRA, P. E. S. Avaliação da Compostagem de Resíduos Orgânicos da Área Verde do Campus Marechal Deodoro. *In: V CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO*, 2010, Maceió. **Anais [...]** UFA, 2010.

PARKER, D. B.; BROWN, M. S. Water Consumption for Livestock and Poultry Production. **Encyclopedia of Water Science**, 2003.

PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. P. de; MUNIZ, J. C. L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista eletrônica nutritime**, v.9, n.6, p.2041–2049, nov./dez. 2012.

PEREIRA, L. S. F.; KUNZ, A.; SENNA, A. J. T. Uso de lodo ativado com sistema de aeração por difusor poroso de bolha fina para o tratamento de dejetos da suinocultura. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS*. Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, PR, 2011.

PINTO, M. T. Higienização de lodos. *In: ANDREOLI, C.V. et al. (Ed.). Lodo de esgotos: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: UFMG: Sanepar, 2001.

POPA, M. et al. Types Of Treatment Plants For Livestock Wastewater. **Research People And Actual Tasks On Multidisciplinary Sciences**, p.12-15, jun. 2019.

RAMOS, N. de F. S. et al. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em sistemas alagados construídos, com *Chrysopogon zizanioides* e *Polygonum punctatum* cultivadas em leito de argila expandida. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.1, p.123-132, jan./fev. 2017.

ROSS, C. C.; DRAKE, T. J.; WALSH, J. L. **Handbook of biogas utilization**. 2. ed. Atlanta: U.S. Department of Energy, 1996.

SALMINEN, E.A.; RINTALA, J.A. Semi-continuous anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste: effect of hydraulic retention time and loading. **Water Research**, Londres, v.36, p.3.175-3.182, 2002.

SANTOS, F. G. dos; ESCOSTEGUY, P. A.V.; RODRIGUES, L. B. Qualidade de esterco de ave poedeira submetido a dois tipos de tratamentos de compostagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.10, p.1101-1108, jul.2010.

SARMENTO, A. P.; BORGES, A.C.; MATOS, A. T. Effect of cultivated species and retention time on the performance of constructed wetlands. **Environmental Technology**, v.34, n.8, p.961-965, 2013.

SEIFFERT, N. F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. *In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA*. **Anais [...]**. Concórdia, 2000.

SHARMA, V. K. et al. Processing of urban and agroindustrial residues by aerobic composting: **Review Energy Conser. Manag.**, v.38, p.453-478, 1997.

SILVA, A.F. et al. Coturnicultura como alternativa para aumento de renda do pequeno produtor. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.70, n.3, p.913-920, 2018.

SILVA, J. H. V. et.al. **Exigências nutricionais de codornas**. *In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA- ZOOTEC*, 21, 2011, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: UFAL, 2011.

SILVA, H.W. da; PELÍCIA, K. Manejo de dejetos sólidos de poedeiras pelo processo de biodigestão anaeróbica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.1, p.151-155, jul. 2012.

SOUSA, M. S. et al. Características físico-químicas e microbiológicas de dejetos de codornas alojadas em baterias. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.6, n.1, p.53-56, mar. 2012.

SOUZA, A. dos R. et al. Efficiency of the treatment system of wastewater at a kennel. *Acta Scientiarum*. **Technology**, v.40, sept. 2018.

SOUZA, A. dos R. et al. Evaluation of nitrogen removal and the microbial community in a submerged aerated biological filter (SABF), secondary decanters (SD), and horizontal subsurface flow constructed wetlands (HSSF-CW) for the treatment of kennel effluent. **Environmental Science and Pollution Research**, v.1, p.1-1, 2020.

SOUZA, C. F. Consciência ambiental na gestão e produção animal. **Revista ECO 21**, Rio de Janeiro, Ed. 131, 1p. 2007.

SOUZA, J. A. R. de et al. Estudo da aplicação de água residuária de aves por micro aspersão. **Multi-Science Journal**, v.1, n.7, p.05-08, 2017.

SOUZA, J. A. R. de; MOREIRA, D. A.; DENÍCULI, W. Modelagem da perda de carga em tubulações comerciais, conduzindo água residuária. **Engenharia na Agricultura**, v.19, n.3, p.255-261, 2011.

SOUZA, L. A. de et al. Análise dos principais parâmetros que influenciam a compostagem de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Meio ambiente**, v.8, n.3, p.194-212, 2020.

SOUZA, T. **Como iniciar sua criação de codornas de forma prática**. 2008. Disponível em: < <http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/Criar%20codornas.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2020.

SUPPADIT, T. et al. Effect of dietary dried milky sludge on productive performance and egg quality in laying Japanese quails. **Animal Science Journal**, v.80, p.310-315, jun. 2009.

SUPPADIT, T. Nutrient removal of effluente from quail farm through cultivation of *Wolffia arrhiza*. **Bioresource Technology**, v.102, n.16, 2010.

SUPPADIT, T.; PHUMKOKRAK, N.; POUNGSUK, P. The Effect of using Quail Litter Biochar on Soybean (*Glycine max* L. Merr.) Production. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.72, n.2, p.244-251, apr./june 2012.

SUPPADIT, T. Pollution from animal excreta on environmental health. **Tippanate Printing Press**, 818p., 2009.

SUPPADIT, T. The recycle of broiler litter as a feed ingredient for cattle to reduce environmental pollution V. Production performance of fattening cattle. **Thai Environmental Consultant Journal**, v.9, p.44-48, 2005.

SUPPADIT, T. The recycle of broiler litter as a feed ingredient for cattle to reduce environmental pollution I. Impact of broiler litter on environmental states and community health. **Thai Environmental Consultant Journal**, v.6, p.12-17, 2002.

SUPPADIT T. et al. Effect of quail litter biochar on productivity of four new physic nut varieties planted in cádmium-contaminated soil. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.72, n.1, jan./mar. 2012.

STEIL, L.; LUCAS JR., J.; OLIVEIRA, R.A. Avaliação do uso de inóculos na digestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frango de corte e suínos. **Journal of the Brazilian Society of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.146-149, 2002.

STEIL, L.; LUCAS JR., J.; OLIVEIRA, R. A. Eficiência de reatores anaeróbios modelo batelada alimentados com resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos na redução de coliformes totais e fecais. *In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*. 2003, Joinville. **Anais [...]**, Joinville, 2003.

TARRENTO, G. E., MARTINEZ, J. C. Análise de implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa. *In. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 13., 2006, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: SIMPEP, 2006.

TEIXEIRA, D. L.; MATOS, A.T.; MELO, E. C. Alterações nas características físicas do material orgânico submetido ao processo de compostagem. **Engenharia na Agricultura**. v.24, n.1, p.41-49, jan./fev. 2016.

TRAZZI, P. A. et al. Biocarvão: Realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v.28, n.2, p.875-887, abr/jun. 2018.

TRIATMOKO, V. A. et al. Effects of Various Ameliorants on pH, Phosphorus Availability and Soybean Production in Alfisols. **Indian Journal of Agricultural Research**. p.1-5, 2020.

UNGUREANU, N. et al. Types of treatment plants for livestock wastewater. **Research People And Actual Tasks On Multidisciplinary Sciences**, p.12-15, june 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses**. 3. ed. rev., atual. e ampl. Lavras, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11017>. Acesso em: 05 ago. 2020.

VALENTE, B. S; XAVIER, E. G. Compostagem como ferramenta de gestão ambiental de carcaças de codornas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, n.2, p.649-657, maio/ago. 2015.

VALENTE, B. S. et al. Biodegradação de resíduos da coturnicultura através da compostagem. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.9, n.1, p.09-96, mar. 2015.

VIOLA, T. H. et al. **Perguntas e respostas sobre criação de galinhas e codornas na agricultura familiar do Meio-Norte**. Embrapa Meio-Norte, p.13-72, 2018.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

WANG, M. et al. Removal of nutrients from undiluted anaerobically treated piggery wastewater by improved microalgae. **Bioresource Technology**, v.222, p.130-138, 2016.

XIONG, R. et al. Ecological Treatment and Resource Utilization of Wastewater from a Chicken Transfer Station. **Adsorption Science e Technology**, 12p., may. 2021.

YANG, L. et al. Reuse of acid coagulant-recovered drinking waterworks sludge residual to remove phosphorus from wastewater. **Applied Surface Science**, v.305, p.337–346, 2014.