

Aplicações de tecnologias para redução de impactos residuais na produção animal.

Autores: Adryan Augusto¹, Cecília Maria Costa do Amaral²

Colaboradores: Vivien Pandossio Cunha Garcia³, Andrea C. Frizzas de Lima⁴

^{1,2,3,4}Centro Universitário Barão de Mauá

¹*adryan.augusto34@gmail.com - Ciências Biológicas,* ²*cecilia.amaral@baraodemaua.br*

RESUMO

Diante da escassez e dos altos custos dos fertilizantes químicos no mercado nacional em função da grande dependência de matéria-prima importada, justifica-se cada dia mais, o uso dos resíduos agropecuários como alternativa para redução ou substituição de fertilizantes químicos, aliado à possibilidade de geração de energia e utilizando técnicas que visem a diminuição da emissão de gases de efeito estufa e impactos ambientais, obedecendo legislação vigente.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial estimado de 7,0 para 9,7 bilhões de habitantes até 2050, reforça a importância do Brasil em relação a oferta e segurança alimentar global, sendo indiscutível que a intensificação do uso dos recursos naturais, amplifica o peso político e estratégico de ações concretas voltadas para ampliar o uso sustentável e responsável desses recursos, sendo resiliente às mudanças climáticas (PAULINELLI; RODRIGUES, 2019). A rápida evolução do agronegócio brasileiro decorre não só da abundância dos recursos naturais, mas também pela crescente absorção da ciência e tecnologia nos estabelecimentos agropecuários, com isso o Brasil é um poderoso e bem-sucedido produtor de alimentos, desde grãos de soja, milho e arroz, além de frutas, legumes e até produtos processados (GONÇALVES; COSTA, 2019).

Além disso, o Brasil é terceiro maior produtor mundial de carne de frango, produzindo em 2021, 13,845 milhões de toneladas. Com relação à carne suína, ocupa a quarta posição entre os maiores produtores mundiais de carne suína, com produção de 4,436 milhões de toneladas. Valores que demonstram aumento de 4,53% e 11,37%, para carne de frango e suína, respectivamente, quando comparados aos valores produzidos em 2019 (ABPA, 2021).

Com relação ao mercado externo, o Brasil também demonstra relevância, pois fornece para mais de 150 países, sendo o maior exportador mundial de carne de frango e o quarto maior, de carne suína (ABPA, 2021). Desse modo, diante de mercados exigentes, a sustentabilidade e o tratamento adequado dos dejetos, são alguns dos principais objetivos dos sistemas de produção animal. Com isso, esses resíduos quando manejados e tratados adequadamente, agregam valor, caracterizando o Brasil da biomassa e que leva em consideração, cada dia mais, os critérios ESG (Environmental, Social, Governance) utilizados na avaliação de investimentos (AMARAL et al., 2021).

Dessa forma, no cenário mundial, o Brasil apresenta expressivo potencial para contribuir para a produção alimentar do planeta, requerendo, portanto, grandes quantidades de fertilizantes para suprir tais demandas. De acordo com Oliveira et al. (2017), em função das baixas reservas de fósforo e potássio, o Brasil é cada vez mais dependente de matéria-prima importada. As previsões para 2025 são de que 82% do nitrogênio, 80% do fósforo e 95% do potássio sejam importados. Sendo assim, o processo de compostagem, por exemplo, permite a reciclagem desses nutrientes e seu reuso, reduzindo essa dependência, entretanto, deve-se considerar a segurança sanitária dos dejetos, visando à saúde humana, animal e ambiental (FONGARO et al., 2016), dentro do aspecto relacionado ao conceito de Saúde Única (AITA et al., 2019).

Com relação ao nitrogênio, por exemplo, além de representar perda econômica e de potencial fertilizante, em razão dos custos elevados dos fertilizantes nitrogenados minerais e sintéticos, a volatilização de NH₃ representa riscos quanto à poluição ambiental, à saúde humana e animal. Sendo assim, o uso agrícola dos dejetos de animais pode favorecer a produção e as emissões de N₂O, cuja magnitude depende de diversos fatores ligados ao solo, ao clima, ao

modo de distribuição dos dejetos no solo e aos próprios dejetos (AITA et al., 2019). Portanto, o objetivo do estudo foi apresentar uma revisão bibliográfica sobre produção de aves e suínos relacionando legislação, produção de dejetos, tecnologias envolvidas no tratamento de resíduos, energia e meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODO

Para realização do estudo, foram utilizados dados obtidos de livros técnicos, artigos e relatórios científicos, teses, dissertações e Instituições públicas de pesquisa, como EMBRAPA, por exemplo. O método utilizado no estudo foi levantamento bibliográfico do assunto em questão. Com o avanço das tecnologias de informação e comunicação e com o aumento da produção científica, surgiram as bases de dados que podem ser definidas como os suportes informacionais compostos de artigos e trabalhos científicos, elaborados por organizações especializadas, nas diversas áreas do conhecimento, dessa forma, é possível realizar pesquisa na Internet e em bases de dados que possuem credibilidade científica, utilizando mecanismos de busca para localização do material bibliográfico (PIZZANI et al., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil, a produção de aves e suínos é frequentemente encontrada em propriedades familiares (BUHRING; SILVEIRA, 2016) e está localizada principalmente nos Estados da região Sul, sendo, portanto, mais de 80% da produção distante 2.000 km do bioma Amazônico.

Na tabela 1 são apresentados dados obtidos nos Censos Agropecuários. O primeiro Censo Agropecuário foi realizado no Brasil, em 1920, o penúltimo em 2006 e o último, em 2017. Comparando os dados dos últimos dois Censos, verificou-se queda (-1,6%) no número de estabelecimentos agropecuários que declararam possuir suínos e verificou-se que suínos estavam presentes em 1,47 milhões de estabelecimentos, em 2017, representando 29,0% dos 5,07 milhões de estabelecimentos agropecuários existentes no Brasil.

De acordo com os dados do Censo 2017, Santa Catarina possui o maior rebanho suíno do Brasil, entretanto, encontra-se na 7ª colocação do ranking nacional quanto ao número de estabelecimentos agropecuários que possuem suínos, registrando a presença desses animais em 80,1 mil dos 183 mil estabelecimentos agropecuários catarinenses, ressaltando que nesse contingente são contabilizados tanto os produtores comerciais quanto os de autoconsumo (ou aqueles que realizam operações comerciais apenas eventualmente).

Com relação à avicultura, analisando os dados presentes na tabela 1, verificou-se que tanto no censo de 2006 como no censo de 2017, o Paraná foi o Estado com o maior número de galináceos do Brasil. Além disso, comparando-se os dados de 2006 com os dados de 2017, observou-se aumento no número total de animais, embora, redução no número de estabelecimentos que possuem galináceos.

Tabela 1. Número de animais presentes nos Estados da região Sul do Brasil e número de estabelecimentos agropecuários que possuem suínos e aves, de acordo com os dados obtidos no Censo Agropecuário de 2006 e 2017 (IBGE).

SUINOCULTURA	NÚMERO DE ANIMAIS (CABEÇAS)		NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS	
	CENSO 2006	CENSO 2017	CENSO 2006	CENSO 2017
BRASIL	31.189.339	39.346.192	1.496.107	1.471.270
PARANÁ	4.569.275	6.215.075	135.477	114.781
SANTA CATARINA	6.569.714	8.438.865	82.324	80.134
RIO GRANDE DO SUL	5.611.431	6.447.946	234.069	180.929
AVICULTURA	NÚMERO DE ANIMAIS (MIL CABEÇAS)		NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS	
	CENSO 2006	CENSO 2017	CENSO 2006	CENSO 2017
BRASIL	1.401.341	1.362.254	2.713.390	2.862.495
PARANÁ	286.566	333.290	193.694	164.137
SANTA CATARINA	216.414	160.260	111.362	111.007
RIO GRANDE DO SUL	141.490	154.842	296.696	239.779

Fonte: IBGE (2006); IBGE (2017).

A suinocultura intensiva é caracterizada pela criação de grandes quantidades de animais em pequenas áreas, tendo como consequência o acúmulo de dejetos com grande potencial poluidor (KUNZ et al., 2005). Além disso, o confinamento total dos animais durante todo o ciclo produtivo resulta na concentração de grandes quantidades de dejetos, próximo aos locais de produção (AITA et al., 2019).

Uma das maiores dificuldades do uso racional de dejetos é o ajuste das dosagens conforme a necessidade de nutrientes das culturas, já que a proporção entre os nutrientes no dejetos nem sempre coincide com a demandada pelas culturas (GATIBONI; NICOLOSO, 2019). Em um cenário de agricultura moderna onde o objetivo é a máxima eficiência da utilização dos insumos, não faz sentido tratar os dejetos animais como resíduos agropecuários. É mais racional considerá-los como subprodutos, os quais devem ser eficientemente reciclados dentro da cadeia produtiva. Assim, a reutilização racional dos dejetos para a fertilização do solo deve ser tratada como necessidade básica dentro dos sistemas de produção. Há muitas pesquisas realizadas no Brasil que comprovam a eficiência do uso dos dejetos como fertilizantes. Contudo, aplicações de dejetos em áreas agrícolas devem ser realizadas adotando-se rigorosas

recomendações técnicas, já que é muito comum ocorrerem aplicações excessivas, as quais podem acarretar poluição ambiental (GATIBONI; NICOLOSO, 2019).

Dessa forma, a Lei Federal 6.938/81 tornou obrigatório o Licenciamento Ambiental em todo o território Nacional para atividades efetiva ou potencialmente poluidoras. Os empreendimentos que não providenciarem a Licença Ambiental estarão sujeitos a advertências, multas ou embargos das atividades conforme previsto na Lei de Crimes Ambientais. Órgãos financeiros também não disponibilizarão crédito, na ausência do Licenciamento ambiental.

No caso do Estado do Paraná, por exemplo, os produtores de Empreendimentos de Avicultura com aproveitamento econômico, devem ser instruídos sobre o licenciamento ambiental de acordo com a RESOLUÇÃO SEDEST Nº 054, DE 15 DE JULHO DE 2019. Esta Resolução se aplica às atividades de avicultura comercial, como granjas, postura comercial, recria de matrizes, postura de ovos férteis e avicultura de corte excluindo os empreendimentos de avicultura/incubatórios, que são enquadrados como atividades industriais (SISTEMA FAEP/SENAR – PR, 2021).

Para suinocultores do mesmo Estado, deve ser obedecida a RESOLUÇÃO SEDEST Nº 015, DE 05 DE MARÇO DE 2019, que define que os sistemas destinados ao armazenamento de dejetos líquidos gerados pela atividade devem ser obrigatoriamente revestidos. Os dejetos gerados pela suinocultura devem obrigatoriamente sofrer armazenamento e/ou tratamento primário e em seguida, ser encaminhados para tratamento secundário e/ou aplicação no solo para fins agrícolas. Com relação aos critérios para utilização agrícola dos dejetos de suínos, a área para aplicação de dejetos de suínos deve ser avaliada de acordo com a classe de risco ambiental e do teor de fósforo disponível no solo. A aplicação de dejetos pode ser realizada nas classes de risco ambiental I, II, III e IV. Para áreas de classe IV, aplicação somente em culturas perenes (SISTEMA FAEP/SENAR – PR, 2021).

No Estado de Santa Catarina, a criação de suínos, bem como, a disposição dos dejetos no solo deve ser licenciada de acordo com os critérios técnicos dispostos na Instrução Normativa nº11 (IN 11, FATMA – Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina), visando reduzir os impactos provenientes principalmente do desbalanço de nutrientes N, P, Cu e Zn, presentes nos dejetos. Porém, o foco dessa Normativa, está nos impactos dos dejetos no solo e na água, não apresentando critérios relativos as emissões de N₂O após a adição dos dejetos no campo (MÜLLER JÚNIOR, et al., 2020).

MANEJO AMBIENTAL

O manejo ambiental é caracterizado por um conjunto de metodologias, conhecimentos, práticas, atividades e tecnologias voltadas para a conservação, restauração e para o desenvolvimento socioeconômico ambiental (MELLO FILHO et al., 2000).

Entre os principais métodos utilizados para a redução de patógenos em efluentes da produção animal estão os métodos químicos e os métodos biológicos. Os métodos químicos consistem na adição de compostos alcalinos, como cinzas, cal, entre outros, os quais propiciam grandes benefícios nos tratamentos de excretas, minimizando o odor e a atração de insetos e roedores. A eficiência da sanitização por adição de compostos alcalinos deve-se principalmente à elevação do pH, mas a secagem das excretas contribui para o aumento dessa eficiência. A adição de CaO (cal) eleva o pH e aquece a excreta, permitindo atingir padrão de qualidade sanitária de lodo de classe A, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Usepa, do inglês United States Environmental Protection Agency). Os métodos biológicos são a compostagem e a biodigestão anaeróbia e aeróbia.

PRODUÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Os dejetos provenientes da suinocultura são geralmente compostos por fezes, urina, sobra de ração e água, portanto, o manejo desses dejetos ocorre na forma líquida (concentração de sólidos totais inferior a 8%), sendo, em média, 95% composto por água. Entretanto, esses dejetos após armazenamento e transformação em fertilizantes líquidos, podem tornar-se inviáveis economicamente quando transportados a distâncias superiores a 3 km e em função do baixo teor de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2017).

O armazenamento em esterqueiras e lagoas e posterior uso como fertilizante agrícola, por várias décadas, foi o manejo e destino tradicionalmente aceito para os dejetos suínos produzidos em unidades de produção. Entretanto, esse sistema, com o passar dos anos, apresentou dificuldades operacionais relacionadas ao aumento crescente no volume de efluentes produzidos, resultado da concentração de animais em granjas com pequenas áreas agrícolas destinadas ao uso do fertilizante (OLIVEIRA et al., 2017). No armazenamento em esterqueiras para estabilização parcial seguido da aplicação no solo para fertilização de lavouras e pastagens, os dejetos emitem principalmente o CH₄ e NH₃ e a aplicação ao solo resulta em incremento na emissão de CO₂ e N₂O.

De acordo com Higarashi et al. (2020), a substituição de esterqueiras por biodigestores pode reduzir a contribuição dos sistemas confinados no fluxo de emissões dos gases de efeito estufa (GEE), decorrente da retenção e combustão do CH_4 , o qual é convertido em CO_2 e energia. Por meio do monitoramento contínuo das emissões de GEE provenientes de lagoas de armazenamento do digestato e depósitos de dejetos brutos (esterqueira), determinou-se o potencial de aquecimento global (PAG em Eq $\text{CO}_2\text{-kg}^{-1}$ dejetos). A lagoa que armazena o efluente de um biodigestor com tempo de retenção hidráulica de 30 dias, emite 84% menos GEE (em PAG) do que a esterqueira, e foi estimado que o arranjo com biodigestor (onde se considera os gases produzidos no biodigestor e a queima do CH_4), emite 53% menos gases. Estudos demonstraram que a redução do tempo de armazenamento do dejetos nas esterqueiras de 120 para 50 dias, seguindo a Instrução Normativa nº 11/2014 de Santa Catarina, resulta em uma redução de 80% na emissão de metano.

Para Sardá et al. (2010), uma das alternativas encontradas para a diminuição dos impactos ambientais, é o manejo de dejetos de suínos na forma sólida (concentração de matéria seca superior a 60%), utilizando-se, por exemplo, o sistema de compostagem ou produção sobre cama, denominado de cama sobreposta. Dejetos suínos manejados na forma sólida promovem redução de odores em função do processo de fermentação aeróbia, no qual o principal produto da degradação dos resíduos orgânicos é o dióxido de carbono (CO_2).

O sistema de cama sobreposta (no inglês deep bedding) é um processo de compostagem dentro da própria instalação onde os animais estão alojados. Ou seja, em galpões de piso de concreto contendo na superfície substratos como maravalha, palha ou casca de arroz, os animais depositam os dejetos diretamente neste material, iniciando uma compostagem aeróbia. Com o calor gerado, a umidade vai sendo eliminada por evaporação, restando ao final do processo um composto orgânico (BRASIL, 2016).

A separação de fases é um procedimento que consiste em separar os dejetos de suínos em fase sólida e líquida por processos físicos, aumentando a eficiência dos tratamentos subsequentes. Nesse processo são gerados dois produtos: uma fração líquida mais fluida que conserva a maioria dos nutrientes solúveis, e uma fração sólida que se mantém agregada e pode ser transformada em um composto orgânico. São várias as técnicas disponíveis para essa finalidade, como por exemplo: decantação, centrifugação ou peneiramento e/ou prensagem (BRASIL, 2016).

A compostagem é um processo tecnológico de reciclagem de nutrientes provenientes de matéria orgânica encontrados em resíduos orgânicos tanto de origem animal quanto vegetal, que são convertidos em fertilizantes e produtos orgânicos humificados, denominado de composto orgânico (EMBRAPA, 2005). Para melhorar a eficiência do sistema de tratamento de dejetos de suínos via compostagem, recomenda-se que a concentração de matéria orgânica (sólidos voláteis) nos dejetos suínos seja maior que 4%.

Quando corretamente manejada, independentemente dos modelos de máquinas de compostagem, é possível produzir um composto de elevada qualidade (Figura 1). Além do correto manejo, questões importantes como concentração de matéria orgânica (sólidos voláteis) no resíduo (dejetos suínos), incorporado no substrato (biomassa), possui grande influência na qualidade final do fertilizante orgânico gerado e no custo comercial do adubo (OLIVEIRA et al., 2017).

A compostagem é um processo aeróbio e também um processo exotérmico, que libera energia na forma de calor e promove o aquecimento do material em compostagem até temperaturas de aproximadamente 50-70°C (NICOLOSO; BARROS, 2019). De acordo com Oliveira et al. (2017), a temperatura é o indicador mais importante que evidencia a eficiência do processo de compostagem, pois o calor é o resultado da atividade bacteriana na decomposição da matéria orgânica, sendo que no final do processo de compostagem ocorre diminuição gradativa da temperatura atingindo valores menores que 32°C.

A compostagem dos dejetos suínos pode ser dividida em duas fases. A primeira fase chamada de fase de impregnação, é a mais ativa e caracteriza-se por uma forte atividade biológica para a degradação da matéria orgânica e pelo aumento de temperatura da biomassa nas leiras de compostagem. É também conhecida como fase de incorporação dos dejetos líquidos a resíduos sólidos (maravalha, serragem, palha) até a obtenção de uma biomassa com umidade e relação Carbono/Nitrogênio (C/N) adequadas. A segunda fase, é chamada de fase de Maturação, é a fase final onde ocorre a estabilização da biomassa. Na fase inicial a temperatura é elevada, reduzindo gradativamente até o final do processo de maturação. Caracteriza-se por taxas metabólicas mais reduzidas sendo também conhecida como fase de arrefecimento, durante a qual diminui a temperatura da biomassa na leira e o material torna-se estável, escuro, amorfo, com aspecto de húmus e um cheiro de terra (OLIVEIRA et al., 2017).

Sardá et al. (2010) avaliando emissão de gases, verificaram na compostagem, uma redução de

sete vezes na emissão de CH₄, com relação à esterqueira, sendo que a emissão de CO₂ representou 78,5% do carbono total mineralizado. Considerando-se que a emissão de H₂S foi expressiva apenas no manejo dos dejetos na forma líquida, concluíram que o manejo dos resíduos na forma sólida pode ser uma alternativa para redução dos impactos ambientais pela mitigação do efeito estufa e pela redução de odores.

Figura 1 – Leito de compostagem.



Fonte: Cleandro Pazinato Dias (2015).

BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbia é um processo de decomposição da matéria orgânica resultante, na ausência de oxigênio, realizado por grupos de microrganismos, que degradam o produto inicial (matéria orgânica) em compostos químicos mais simples, gerando principalmente o metano (CH₄) e o dióxido de carbono. Este método é caracterizado por quatro etapas principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CHERNICHARO, 2007).

Segundo Pinto (2008) estruturalmente, os biodigestores consistem em uma câmara fechada, na qual são colocados os materiais orgânicos. Esta estrutura pode apresentar forma cilíndrica, vertical ou superficial (acima do solo), acoplada de uma campânula na parte superior, onde o gás resultante da digestão da biomassa contida no equipamento irá se acumular, numa região denominada de gasômetro.

Os sólidos voláteis referem-se à fração orgânica que será volatilizada dentro do biodigestor. Estão contidos nos sólidos totais os sólidos voláteis e fixos. Este é um dos parâmetros mais relevantes para estimar produção de biogás uma vez que, dependendo da fração de sólidos voláteis, a produção de biogás pode ser intensificada ou reduzida. Portanto, os teores de sólidos voláteis caracterizam a fração orgânica de material que será fermentado para produzir o biogás, ou seja, quanto maior for sua concentração na biomassa, maior será a produção de biogás, considerando a eficiência do biodigestor (MAPA, 2016).

De acordo com Fukayama (2010), é fundamental conhecer os parâmetros básicos utilizados na fermentação anaeróbia, tais como: o Tempo de Retenção de Microrganismos (TRM), Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) e o Tempo de Retenção de Sólidos (TRS) dos modelos de biodigestores disponíveis no mercado, compreendendo os princípios de funcionamento de cada modelo.

Os modelos de biodigestores encontrados frequentemente na literatura são classificados de acordo quanto à forma de abastecimento, sendo em: batelada e contínuos. Nos biodigestores em batelada, a quantidade de material orgânico a ser digerido é colocada apenas uma vez, então é hermeticamente fechado e após o período determinado a produção de gás se inicia e prossegue até consumir o material de todo o lote e o processo termina. Os biodigestores contínuos, podem ser abastecidos diariamente, permitindo que a cada entrada de substrato orgânico a ser processado, exista saída de material já tratado. O modelo de biodigestor mais aplicado no Brasil é o tubular com manta plástica (conhecido como modelo Canadense de biodigestor – Figura 2) (BRASIL, 2016).

De acordo com Paniagua (2021), faz-se necessário a criação de políticas públicas voltadas para assistência técnica e treinamento dos suinocultores. Soma-se a isso a falta de incentivo para disponibilizar linhas de crédito e financiamento aos produtores para modernização das instalações e aquisição de equipamentos para produção de energia elétrica por meio do poder calorífico do biogás, gerando benefícios para o agricultor e sendo sistemas ecologicamente mais sustentáveis. Além disso, com o incentivo a pesquisa e tecnologia de ponta, o país poderá produzir um biofertilizante que poderá ser comercializado ou utilizado nas próprias propriedades rurais, reduzindo o custo com a aquisição de fertilizantes industrializados.

Figura 2. Biodigestor modelo Canadense.



Fonte: Cleandro Pazinato Dias (2015).

ENERGIA E MEIO AMBIENTE

A urbanização crescente, as pressões demográficas e mudanças climáticas estão transformando os sistemas agrícolas e

alimentares, que incluem desde a produção até o processamento dos alimentos, e que evoluem para atender essas pressões. Neste contexto, adotar práticas agrícolas climaticamente inteligentes é uma das formas de reduzir as emissões e melhorar a ecoeficiência para garantir o equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade. Nos cenários atuais, essas práticas incluem reduzir o uso energia de origem fóssil; aumentar o uso de energia renovável; proteger e usar de forma sustentável a água doce; manejo sustentável do solo; manejo de resíduos; garantir o bem-estar dos animais; fixar pessoas no campo garantindo o bem-estar e um trabalho justo. Diante disso, para estudar alternativas de atenuar os impactos causados pelo sistema produtivo é imprescindível avaliar a perspectiva do aumento das emissões dos gases com potencial de efeito estufa (NÄÄS et al., 2020). A agropecuária foi o setor produtivo responsável por 6,8% do PIB nacional em 2020 e 27,52% das emissões de GEE, em 2019.

Considerando-se o biogás como um produto energético, portanto de valor econômico intrínseco e agregando suas externalidades positivas pelos serviços ambientais, sanitários e sociais que proporciona, o biogás pode ser considerado o componente dos processos de adequação verdadeiramente gerador de renda, como um dos insumos mais importantes de suas estruturas de custos de qualquer atividade, a energia. Considerando-se uma presença média de 60% de metano no biogás, e sendo este gás 21 vezes mais impactante do que o gás carbônico equivalente, o Brasil poderia contar com um potencial de 1,03 bilhões de toneladas de CO₂eq caso viesse a se utilizar do biogás como fonte de energia. O biogás e o biometano são fontes renováveis caracterizadas como energia de base e muito versáteis para geração de energias elétrica, térmica e automotiva. As tecnologias brasileiras de biodigestão hoje disponíveis, possibilitam a aplicação do biogás não somente para geração de energia elétrica em grandes blocos, através de termelétricas (UTES), mas também para a geração distribuída em pequena escala, sendo assim um apoio sistêmico ao conceito de eficiência energética. Tanto o biogás como o biometano são utilizados na substituição de combustíveis fósseis para mobilidade rural e urbana, assim como para a substituição de lenha e gás liquefeito de petróleo, para energia térmica. Para a geração elétrica há oportunidade para o biogás/biometano em substituição aos combustíveis fósseis (ABILOGÁS, 2018).

Diante disso, a produção de biogás a partir de dejetos provenientes da pecuária na mesorregião Sudoeste, bem como no estado do Paraná, representa uma oportunidade de transformar o que inicialmente é um passivo, em um ativo

ambiental, pois, além de permitir uma destinação adequada ambientalmente aos subprodutos da agropecuária, também pode resultar em um potencial energético, capaz de contribuir com a demanda da região. Além disso, pesquisas a respeito do potencial de biogás da região podem contribuir com dados científicos ainda escassos, bem como fornecer informações para o fomento de políticas públicas que visem diversificar a matriz energética a partir de fontes renováveis (BARIZON, 2020).

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), publica anualmente o Balanço Energético Nacional (BEN), que apresenta a oferta e consumo de energia no Brasil. Somente a partir do ano de 2015, o biogás passou a ser citado no relatório, o que representa um avanço significativo, que reitera o crescimento desse tema. Apesar da relevância e atualidade do assunto, ainda são incipientes as informações a respeito da produção de biogás a partir de dejetos da produção animal (BARIZON, 2020). Segundo o Balanço Energético Nacional da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do ano de 2021, o setor agropecuário é responsável por 5,1% do consumo final de energia no Brasil (ABILOGÁS, 2018).

Um dos principais fundamentos do uso do biogás e do biometano é a promoção de uma sinergia entre o tratamento de resíduos e a geração de energia renovável. A vertente ambiental impacta diretamente o setor agropecuário, uma vez que o tratamento adequado de resíduos permite um melhor uso da terra e expande o potencial para a criação de animais, e demonstra extrema efetividade nos setores urbano e agrícola com a oportunidade de mudança da matriz de combustível das frotas de veículos pesados de diesel para biometano (ABILOGÁS, 2018).

De acordo com dados atuais da ABIlogás, o Brasil desperdiça mais de 45 bilhões de metros cúbicos de biometano por ano, o que representa 70% do consumo de diesel do país ou 36% do consumo de energia elétrica. ABIlogás estima que até 2030 será possível alcançar uma produção de 32 milhões de metros cúbicos por dia de biometano, trazendo cada vez mais sustentabilidade às atividades urbanas e do agronegócio brasileiro (ABILOGÁS, 2018).

CAMA AVIÁRIA

Visando atender as atuais exigências do mercado consumidor, a indústria brasileira de produtos de origem animal busca, cada dia mais, sistemas de produção sustentáveis. Tratando-se, por exemplo, da produção de frangos de corte, onde praticamente 100% da produção ocorre em sistemas confinados, as emissões de GEE provenientes do manejo dos dejetos animais têm

importante papel na atualidade (SANTANA et al., 2020).

Cama aviária é todo o material distribuído sobre o piso dos galpões para servir de leito às aves, sendo assim, um dos principais componentes dos sistemas de produção avícolas (MENDES et al., 2004). Portanto, o controle das características da cama representa uma importante estratégia de manejo para a redução da volatilização da amônia, principalmente em relação ao pH e à umidade. Informações sobre os impactos e potenciais de mitigação de GEE pelo manejo dos dejetos de frangos de corte confinados no Brasil são escassas, além de não existir um método padrão para medições diretas nos galpões brasileiros em condições tropicais (SANTANA et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

Sendo assim, quantificar e monitorar diretamente as emissões gasosas nos sistemas de criação das aves têm sido um dos grandes desafios enfrentados pela comunidade científica. O principal problema está relacionado à ausência de padronização metodológica e ao custo de aplicação das metodologias continuamente. Além disso, as informações disponíveis na literatura sobre as emissões de GEE e NH_3 em aviários são variáveis e incertas, devido à diversidade e condições particulares das instalações, às inúmeras diferenças no sistema de criação e às complexas interações observadas nos dejetos dos animais. Esse desafio é ainda maior para o Brasil em razão das suas condições climáticas, expansão territorial, manejo e criação das aves de corte, ainda predominantemente em instalações abertas, controle mínimo das condições ambientais das instalações (SOUZA et al., 2020).

Santana et al. (2020) verificaram que realizar a troca do substrato da cama de frango no lugar de reutilizá-la por seis ciclos resultaria em redução nas emissões de 21% para N_2O , 40% para CH_4 e 78% para NH_3 . Essa redução de emissão expressa em CO_2 eq representa 72%. Essa informação tem grande utilidade no que se refere às práticas mitigadoras das emissões de gases na produção de frangos de corte.

Henn et al. (2020) em estudo com frangos de corte, verificaram a emissão de CO_2 é proporcional ao peso vivo, e sua taxa de emissão é proporcional ao ganho de peso, de forma que animais com crescimento rápido crescem mais, consomem mais alimento e emitem mais CO_2 por unidade de tempo. Por outro lado, o metabolismo de manutenção resulta sempre em emissão de CO_2 , sem retenção corporal de carbono, de forma que animais de crescimento mais lento tem maior proporção do carbono consumido destinado à manutenção, pois precisam mais tempo para atingir determinado peso, fazendo com que emitam mais CO_2 por kg de peso vivo produzido. Os autores

citaram que as tendências atuais de número de publicações, direcionamento de recursos para pesquisa, demanda governamental e geração de volume crescente de dados sobre os fluxos de gases de efeito estufa, na agropecuária nacional, levam a crer que a modelagem matemática para quantificação do balanço de gases de efeito estufa e apoio às políticas públicas, será uma área em desenvolvimento no futuro próximo.

O tratamento da cama aviária é realizado geralmente por compostagem ou biodigestão, gerando como produtos, o composto, lodo, biogás e biofertilizante. Para o uso da cama aviária no setor agrícola, alguns aspectos devem ser seguidos, tais como: o mínimo da fermentação da cama de 10 (dez) dias; armazenamento em local correto, evitando a multiplicação de vetores causadores de doenças; e a taxa de aplicação no solo, quantificada em quantidade/área, pautada a partir de características físico-químicas do resíduo, da análise química do solo e da necessidade da cultura qual será destinada (PALHARES, 2016).

DESCARTE DE CARÇAÇAS DE AVES E SUÍNOS

Um dos fatores que geram muitas preocupações está ligado ao adequado descarte de carcaças de aves e suínos que vem a óbito. A putrefação das carcaças gera gases, forte mau odor e resíduos tóxicos, além da proliferação de microrganismos patogênicos (NICOLOSO; BARROS, 2019). Portanto, devem ser utilizados procedimentos operacionais com objetivo de mitigar os riscos que estes resíduos representam à sanidade das cadeias de produção de suínos, aves e bovinos, ao meio ambiente e à saúde do trabalhador rural e dos consumidores (NICOLOSO et al., 2017).

Sendo assim, no dia dezoito de outubro de 2019 foi publicado no Diário Oficial da União, Edição 203, Seção número 1, na página 73, a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 48 e entrou em vigência na mesma data, para estabelecer as regras sobre o recolhimento, transporte, processamento e destinação de animais mortos e resíduos da produção pecuária como alternativa para a sua eliminação nos estabelecimentos rurais.

A destinação dos animais mortos dentro dos limites do estabelecimento rural envolve a remoção das carcaças dos locais de criação, a sua eventual armazenagem temporária em local apropriado (opcional), transporte até a unidade de tratamento para ser processado e, posteriormente, a disposição final do resíduo tratado. Na unidade de tratamento, a carcaça pode ser submetida a um pré-processamento (trituração ou esquarteramento manual e desidratação ou outro tratamento térmico). Estas etapas de pré-processamento são opcionais e

podem ser indicadas, ou não, conforme o sistema de tratamento empregado posteriormente (compostagem, biodigestão ou incineração). A incineração é uma tecnologia recomendada especialmente para resíduos de alto risco sanitário. O resíduo tratado (composto orgânico, biofertilizante e cinzas) pode então ser encaminhado para disposição final (reciclagem como fertilizante, por exemplo). Outras tecnologias de pré-processamento e tratamento das carcaças de animais mortos poderão ser recomendadas à medida que sejam adaptadas e validadas de acordo com as características dos diferentes sistemas de produção animal praticados no Brasil (NICOLOSO et al., 2017). A compostagem tradicional ainda é um meio de descarte muito utilizado em função de seu baixo custo de implantação e de sua reconhecida eficiência, mas que se não realizado de modo adequado pode gerar problemas ambientais, além do aumento dos riscos de contaminação dos rebanhos por doenças contagiosas. Contudo, com base em atividades de campo, tem sido observado que produtores tem enfrentado dificuldades com esta prática. A compostagem, apesar de simples, demanda atenção a alguns aspectos importantes, desde a construção e dimensionamento, adequado preenchimento e manutenção das condições adequadas para a fermentação ideal (NICOLOSO; BARROS, 2019).

CONCLUSÃO

Diante da escassez e dos altos custos dos fertilizantes químicos no mercado nacional em função da grande dependência de matéria-prima importada, justifica-se cada dia mais, o uso dos resíduos agropecuários como alternativa para redução ou substituição de fertilizantes químicos, aliado à possibilidade de geração de energia e utilizando técnicas que visem a diminuição da emissão de gases de efeito estufa e impactos ambientais, obedecendo legislação vigente.

REFERÊNCIAS

- ABIOGÁS - Associação Brasileira de Biogás. **Proposta de Programa Nacional de Biogás e Biometano**. 2018. Disponível em: <https://abiogas.org.br/wp-content/uploads/2021/01/PNBB_Versao_Final.ppt>. Acesso em: 10 dez. de 2021.
- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual ABPA 2021**. Disponível em: <<https://abpa-br.org/relatorios>>. Acesso em: 10 dez. de 2021.
- AITA, C. *et al.* Uso agrícola de dejetos de animais como fertilizante: emissões gasosas de nitrogênio

e medidas mitigatórias. *In*: PALHARES, J. C. P. **Produção animal e recursos hídricos: tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos**. Brasília: EMBRAPA, 2019.

AMARAL, C. M. C. *et al.* Ferramentas interativas no ensino avícola para alunos da Medicina Veterinária. **Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação**, v. 2, n. 2, p. 74-92, 2021.

BARIZON, F. **Mapeamento do potencial de produção de biogás no Estado do Paraná à partir de dejetos de suínos e bovinos leiteiros**. 2020. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Suinocultura de baixa emissão de carbono: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos**. Brasília: MAPA, 2016.

BUHRING, G. M. B.; SILVEIRA, V. C. P. O biogás e a produção de suínos no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 5, n. 2, p. 222-237, 2016.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios, Princípio do Tratamento Biológico de águas residuais**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 380 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.5).

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Compostagem orgânica**, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1102843/compostagem-organica>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Compostagem de resíduos orgânicos para uso na agricultura**, 2005. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/129/compostagem-de-residuos-organicos-para-uso-na-agricultura>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

FONGARO, G. *et al.* Settling and survival profile of enteric pathogens in the swine effluent for water reuse purpose. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 219, n. 8, p. 883-889, 2016.

FUKAYAMA, E., H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante.** 2008.

Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2008.

GATIBONI, L. C.; NICOLOSO, R. S. Uso de dejetos animais como fertilizante: impactos ambientais e a experiência de Santa Catarina. *In*: PALHARES, J. C. P. **Produção animal e recursos hídricos: tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos.** Brasília: EMBRAPA, 2019.

GONÇALVES, J. B; COSTA, A. Importância dos alimentos na geopolítica. *In*: VIEIRA, P. A. *et al.* **Geopolítica do alimento: o Brasil como fonte estratégica de alimentos para a humanidade.** Brasília: EMBRAPA, 2019.

HENN, J. D. Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte. *In*: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira.** Brasília: MAPA/SENAR, 2020. 162 p.

HIGARASHI, M. M. *et al.* Emissão de gases de efeito estufa (GEE) nos arranjos tecnológicos de produção e uso de biogás. *In*: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira.** Brasília: MAPA/SENAR, 2020. 162 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006.** Rio de Janeiro: IBGE, 2006.777 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017.** Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>. Acesso em: 10 dez. 2021.

KUNZ, A.; CHIOCHETTA, O.; MIELE, M.; GIROTTO, A. F.; SANGOI, V. Comparativo de custos de implantação de diferentes tecnologias de armazenagem/ tratamento e distribuição de dejetos de suínos. **Circular Técnica**, Concórdia, v. 42., n. 1. p. 1-16, 2005.

MELLO FILHO, J. A.; LIMA, J. P. C. Manejo Ambiental: O aprofundamento dos conhecimentos

específicos e a visão holística. **Floresta e ambiente.** v. 7, n. 1, 2000. 293 p.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Suinocultura de baixa emissão de carbono: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo. – Brasília: MAPA, 2016.

MENDES, A. A. *et al.* **Produção de frangos de corte.** Campinas: FACTA, 2004, 356 p.

MÜLLER JÚNIOR, V. Emissões de óxido nitroso provenientes da suinocultura. *In*: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira.** Brasília: MAPA/SENAR, 2020. 162 p.

NÄÄS, I. A. impactos ambientais no processo produtivo de frangos de corte. *In*: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira.** Brasília: MAPA/SENAR, 2020. 162 p.

NICOLOSO, R. S.; BARROS, E. C. **Manual de dimensionamento e manejo de unidades de compostagem de animais mortos para granjas de suínos e aves.** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2019. 77 p.

NICOLOSO, R. S. *et al.* **Tecnologias para destinação de animais mortos na granja.** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2017. 34 p.

OLIVEIRA, P. A. V. *et al.* **Dimensionamento de unidade de compostagem automatizada para tratamento dos dejetos suínos.** 2. ed. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2017. 31 p.

OLIVER, A. P. M. Manual de Treinamento em Biodigestão. **Instituto de Estudos Del Hambre**, 2008. Disponível em: <http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf> Acesso em: 10 dez. 2021.

PALHARES, J. C. P. **Alternativas para o uso da cama de aviário.** Workshop segurança sanitária e ambiental da bovinocultura e avicultura paulista: a questão da cama de aviário, 2016. EMBRAPA Pecuária Sudeste.

PALHARES, J. C. P.; JACOB, A. D. **Impacto ambiental da suinocultura e da avicultura nos recursos hídricos.** In: Simpósio sobre manejo e nutrição de aves e suínos e tecnologia de produção de rações, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2002. p. 31-44.

PANIAGUA, C. E. S.; SANTOS, V. O. Potencialidade do uso de dejetos suínos como biofertilizante, biogás e energia elétrica: da redução de custos na produção ao manejo ecologicamente mais sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 90227-43, 2021.

PAULINELLI, A.; RODRIGUES, R. Alimento e sociedade no Brasil: futuro comum que se constrói agora. In: VIEIRA, P. A. *et al.* **Geopolítica do alimento: o Brasil como fonte estratégica de alimentos para a humanidade.** Brasília: EMBRAPA, 2019, 317 p.

PINTO, P., H., M. **Tratamento de Manipueira de Fecularia em Biodigestor Anaeróbio para Disposição em Corpo Receptor, Rede Pública ou uso em Fertirrigação.** 2008. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista. 2008.

PIZZANI, L. *et al.* **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v.10, n.1, p.53-66,2012.

SANTANA, I. K. *et al.* Emissões de gases de efeito estufa e amônia oriundas da criação de frangos de corte em múltiplos reuso da cama. In: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira.** Brasília: MAPA/SENAR, 2020. 162 p.

SARDÁ, L. G. *et al.* Redução da emissão de CO₂, CH₄ e H₂S através da compostagem de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p.1008–1013, 2010.

SISTEMA FAEP/SENAR - PR. Descomplica rural. **Licenciamento ambiental.** Disponível em: <https://sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2021/11/Cartilha_Descomplica-Rural-2021_web.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SOUZA, M. N. *et al.* Fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da produção de não ruminantes no território nacional Mirella Nogueira de Souza. In: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira. Brasília: MAPA/SENAR, 2020. 162 p.