

---

## Resíduos agrícolas da pecuária leiteira

Fernanda Pereira Soares Faria, Pablo Pin Machado, André Luiz Buzato Pereira Azevedo, Aparecida de Fátima Madella de Oliveira, Jéssica Delesposte Destefani, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c7>

### Resumo

Qualquer atividade antrópica é capaz de produzir impactos ambientais, que são temporais e espaciais, incidindo de forma diferenciada em cada ecossistema, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço. Sabe-se que existe uma relação direta entre qualidade ambiental, manutenção dos serviços ecossistêmicos e benefícios socioeconômicos. Dentro dos atuais modelos de produção que exploram os recursos naturais, todos afetam diretamente o meio ambiente, muitas vezes sofrendo impactos negativos irreversíveis ou de difícil recuperação. A disposição inadequada de resíduos sólidos pode causar poluição das águas superficiais e subterrâneas, do ar e do próprio solo, com efeitos sobre a qualidade de vida da população e dos recursos naturais em paisagens do entorno. Apesar dos avanços obtidos e contemplados pela legislação ambiental atual, no passado, era reduzida a preocupação com a destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos, o que favoreceu a ocorrência de inúmeros processos de degradação, resultado na criação de diversas áreas improdutivas ao longo do território brasileiro. Em tais áreas, com o descarte inadequado, não confinado e tratado, há decomposição descontrolada de matéria orgânica, podendo atingir os mananciais hídricos subterrâneos e superficiais, desencadeando a contaminação do solo e dos recursos hídricos. Para que se possam compreender o verdadeiro sentido das expressões meio ambiente e “ecologia”, tem-se que superar o desconhecimento sobre o tema, até mesmo em relação aos princípios fundamentais e aceitar a condição básica de que a solução se inicia individualmente: desde a postura pessoal, até a crítica coletiva consciente. O presente capítulo apresenta formas adequadas de disposição de resíduos e um Estudo de Caso no município de Atilio Vivácqua, ES, onde a prefeitura municipal desenvolve um programa de aproveitamento de resíduos bovinos para adubação de capineiras, canaviais e recuperação de áreas degradadas. Cabe considerar que, anteriormente, esses resíduos eram lançados diretamente nos corpos hídricos, causando sérios problemas de poluição e assoreamento.

**Palavras-chave:** Percepção, Conservação e preservação ambiental. Adubação orgânica, Fertirrigação.

## 1. Introdução

Como reflexo do crescimento da produção agropecuária nas últimas duas décadas, houve um aumento de 300% na demanda por fertilizantes no Brasil. Nesse mesmo período, a produção nacional de fertilizantes teve um decréscimo de cerca de 30%, aumentando a dependência do país por produtos importados, que corresponderam a 90% dos adubos utilizados no ano de 2021 (NASTARI, 2022).

Neste contexto, o Brasil junto com China, Índia e EUA, são os países que mais usam produtos químicos como fertilizantes, em diversas culturas: como resultado, foram os maiores importadores globais de fertilizante nos últimos anos. O Brasil se tornou dependente dos fertilizantes conhecidos popularmente por NPK - nitrogênio, potássio e fósforo, que é utilizado em larga escala para a produção de milho, soja e cana-de-açúcar (ZONTA; STEFANATO; PEREIRA, 2021).

Como agravante, há de se considerar a crise no fornecimento de fertilizantes agravada pelos conflitos entre a Rússia e a Ucrânia, que contribuiu ainda mais para a escassez desse produto no mercado com preços acessíveis, elevando o custo de produção e colocando em risco a segurança alimentar da população brasileira (NASTARI, 2022).

Por tais questões, o uso de resíduos orgânicos vem sendo resgatado e avaliado como uma alternativa complementar e mais sustentável, além de ser capaz de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SOUZA, 2022). Cabe considerar que o aumento na atividade microbiana e abundância de bactérias no solo também afeta a dinâmica de nutrientes e os processos de nitrificação e desnitrificação, aumentando a disponibilidade de nitrogênio e outros nutrientes para a planta (XIA et al., 2020).

Também, de acordo com esses mesmos autores, é sabido que a mobilidade da água que percola além da zona radicular depende da capacidade de infiltração, condutividade hidráulica e retenção de água no solo, sendo esses fatores amplamente dependentes da proporção e conexões entre micro, meso e macroporos, que são diretamente beneficiados pelo uso de resíduos orgânicos: além de aumentar a retenção de água, cria um habitat protegido e propício ao desenvolvimento de diversos microrganismos, que estabelecem importantes relações com o meio ambiente.

No cenário ambiental, uma das principais ameaças à sustentabilidade para as futuras gerações, está relacionada aos processos de descarte inadequado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados pela sociedade, comércio, indústrias e resíduos agropecuários. A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), serve de alicerce para orientar sobre o gerenciamento menos impactante de resíduos, incluindo as regulamentações sobre as formas adequadas de destinação final dos resíduos oriundos de diversos setores produtivos.

A disposição inadequada de resíduos sólidos pode causar poluição das águas superficiais e subterrâneas, do ar e do próprio solo, com efeitos sobre a qualidade de vida da população e os recursos naturais em paisagens do entorno. Apesar dos avanços obtidos e contemplados na legislação atual, no passado, era reduzida a preocupação com a destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos, o que favoreceu a ocorrência de inúmeros processos de degradação ambiental, resultado na criação de diversas áreas improdutivas ao longo do território brasileiro (BENETTI; BIDONE, 2001; ZULIANI, 2003).

Em tais áreas, para esses mesmos autores, com o descarte inadequado, há uma decomposição descontrolada de matéria orgânica. Acarreta a produção de poluentes que poderão ser incorporados ao solo: quando não confinado e tratado adequadamente, pode atingir os mananciais hídricos, subterrâneos e superficiais, desencadeando a contaminação dos recursos hídricos.

Os resíduos sólidos são classificados em cinco classes (MONTEIRO et al., 2001): lixo doméstico, comercial, público, domiciliar especial (entulho de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, pneus) e lixo de fontes especiais (lixo industrial, radioativo, de portos e aeroportos, terminais rodoferroviários, lixo agrícolas e resíduos de serviços de saúde). Os riscos de contaminação ao meio são classificados em três classes:

- Classe 1 ou perigosos: consideram-se os resíduos com características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;
- Classe 2 ou não inertes: inclui os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade; e
- Classe 3 ou inertes: engloba aqueles que, por suas características são inseparáveis, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente.

Frente ao atual cenário mundial globalizado, onde e como produzir se torna prioridade, em decorrência do exacerbado crescimento populacional, tecnológico e industrial - o setor agropecuário também deve passar por mudanças significativas. O homem passou a utilizar os recursos de forma predatória, investindo em insumos externos e obtendo resultados em curto prazo, buscando sempre produzir exponencialmente para atender à crescente demanda mundial por alimentos. Novas fronteiras agropecuárias foram abertas, sem nenhum planejamento e controle ambiental. O uso cada vez mais predatório dos recursos naturais resultou em sérios impactos e externalidades socioambientais, interferindo em diversos outros setores do ecossistema (MEIRA et al., 2004; SOUZA, 2022).

A agricultura convencional ou agroquímica, modelo de produção predominante em todo o mundo, contribui com a degradação ambiental: utiliza os recursos naturais de forma predatória, que em curto prazo traz benefícios, mas que ao longo do tempo causa degradação ambiental não observada pelo produtor rural: uma vez que visam a alta produtividade do agroecossistema, muitas vezes demasiadamente oneroso e sempre insustentável (SOUZA, 2005; 2018).

Existem diversas metodologias para a adoção da agricultura agroecológica que busca a sustentabilidade de um sistema de produção, utilizando sempre o conhecimento dos próprios produtores e a minimização dos efeitos danosos aos recursos naturais e ao meio ambiente em que estão inseridos (SOUZA, 2012).

Algumas técnicas merecem destaque, pois trazem resultados significativos para a agropecuária. Podem-se destacar o uso de adubos orgânicos, o sistema de plantio direto, a adubação verde e os sistemas agroflorestais, que garantem o equilíbrio do sistema, buscam a sustentabilidade, diminuem o custo de produção, garantindo a possibilidade de renda extra ao produtor.

O uso de produtos alternativos como os biofertilizantes vêm crescendo no Brasil, visando insumos menos agressivos ao ambiente e que possibilitem o desenvolvimento de uma agropecuária menos dependente de produtos industrializados (DELEITO et al., 2005). Podem ser produzidos pelo próprio agricultor, economizando nos insumos importados e promovendo a melhoria no

saneamento ambiental. Os biofertilizantes são preparados a partir da digestão anaeróbica ou aeróbica de materiais orgânicos e minerais. Sua composição química varia conforme o método de preparo e o material que o origina.

A adubação orgânica com esterco animal (VAN KESSEL; REEVES, 2002), é uma opção viável para manter os níveis de fertilidade em sistemas de produção, principalmente, com base na agricultura familiar (SABOURIN et al., 2000). Nesses sistemas, os fertilizantes minerais são pouco utilizados, tornando a produtividade dependente da ciclagem dos reservatórios orgânicos de nutrientes contidos no solo (TIESSEN et al., 1994).

No Brasil, existe considerável volume de água residuária que poderia ser utilizada para adubação em várias culturas. Os custos com mão de obra e transporte para aplicação desses dejetos têm levado a busca de alternativas econômicas, como a aplicação via sistema de irrigação: dependendo de sua origem, o resíduo animal pode conter 60 a 98% de líquido (DRUMOND et al., 2006). A fertirrigação é uma prática realizada com quantidades pré-estabelecidas de fertilizantes e de água exigidas pela cultura a ser irrigada (PAPADOPOULOS, 1999).

Dessa forma, a proposta deste capítulo é apresentar opções de uso de resíduos da agropecuária para produção e recuperação de áreas degradadas, com a aplicação de práticas e manejo de bases agroecológicas, visando o uso racional do solo e da água, bem como a valorização do potencial endógeno da propriedade.

Este estudo é uma pesquisa bibliográfica realizada, inicialmente, entre agosto de 2019 a dezembro de 2019. Foram realizadas consultas a livros e periódicos da Biblioteca do Instituto Federal do Espírito Santo campus de Alegre e do Centro de Ciências Agropecuárias da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES; e artigos científicos selecionados por meio de busca de banco de dados do *Scielo*. Tem como objetivo geral buscar medidas que viabilizem o uso adequado de resíduos agropecuários para fins diversos, inclusive, na recuperação de áreas degradadas.

## **2. Área degradada**

As observações em campo permitem constatar que a degradação hoje existente é decorrente, principalmente, de atividades antrópicas de uso e

ocupação do solo. As práticas de recuperação adotadas em um dado projeto visam refrear a fragmentação florestal e restabelecer o funcionamento dos processos ecológicos de um agroecossistema, incluindo os mecanismos hidrológicos, as condições edáficas, as interações bióticas e o fluxo gênico (SOUZA, 2018).

## **2.1. Caracterização da área degradada**

A caracterização de diferentes componentes de um sistema degradado requer a realização de análises físicas, químicas e biológicas, as quais exigem cuidados e procedimentos específicos, que devem ser considerados em função de variações qualitativas e quantitativas destes componentes (SOUZA, 2018).

GRIFFITH (2001) considera que os processos que envolvem o restabelecimento de áreas degradadas, baseiam-se na intervenção de componentes do ambiente, tais como os substratos, a vegetação e a fauna, corrigindo ou acrescentando aqueles que foram identificados a partir de um amplo estudo de caracterização da área.

A etapa inicial do planejamento deve permitir o conhecimento da amplitude do problema ambiental no qual o projeto de recuperação está inserido. De acordo com Dias (2003), o ambiente degradado permite diferentes abordagens para a sua caracterização:

a) Abordagem restritiva ou segmentada: Analisa-se cada componente (solo, água, ar), facilitando a visualização e a sua quantificação; e

b) Abordagem ampla ou não segmentada: A partir de conceitos de ecologia, visualizando o ambiente como um conjunto de componentes que se encontra em equilíbrio ou, em estado de relativa estabilidade, posto ser temporal, onde a energia erosiva permanece relativamente estabilizada.

Na Tabela 1 segue o exemplo da caracterização de uma dada área.

**Tabela 1.** Caracterização de uma área apresentando sua situação original e atual

	<b>Situação Original (Antes dos Danos)</b>	<b>Situação Atual (Após os Danos)</b>
<b>Relevo</b>	Relevo inicial da propriedade	Relevo atual (plano, acidentado, etc.)
<b>Solo</b>	Tipo de Solo (Análise de solo)	Tipo de Solo (Análise de solo)
<b>Hidrografia</b>	Existência de nascentes? Cursos d'água?	Número de nascentes
<b>Vegetação</b>	Vegetação primária (de acordo com a Resolução CONAMA 004, de 04 de maio de 1994).	Perda de vegetação ocorrida durante a exploração.

Tais informações podem ser obtidas, no caso de pequenos projetos, com o proprietário da área, por meio de revisões bibliográficas, em órgãos como a Prefeitura, INCAPER, entre outros.

## 2.2. Recuperação de Área Degradada

Historicamente, a expansão da agropecuária no Brasil foi responsável pelas principais mudanças na cobertura e uso das terras. As frentes pioneiras, já bastante descritas na literatura científica brasileira, constituíram o principal vetor de ampliação da área de desmatamento para uso agrícola e pastoril no Brasil. Baseadas no avanço dos pequenos agricultores em busca da fertilidade natural do solo de matas, essas frentes desempenharam um papel fundamental durante o processo de industrialização.

A ocupação mais intensa desses biomas vem provocando problemas ambientais em larga escala decorrentes da rápida expansão da economia agropastoril. Dentre esses processos, impactos e externalidades gerados pela degradação ambiental, que podem ocasionar mudanças naturais em seus aspectos biológicos, físicos e químicos, afetando todo o ecossistema, destacam-se: erosão e compactação do solo, contaminação química das águas e da biota por agrotóxicos, desmatamento, redução da disponibilidade de água subterrânea pela irrigação inadequada das áreas cultivadas, redução da diversidade vegetal e animal e perdas de solos (SOUZA, 2018; 2022).

De imediato, verifica-se o empobrecimento do ecossistema, com a perda de espécies vegetais nativas, criando-se condições para a diminuição das Áreas de Preservação Permanente – APP. Uma dessas áreas se refere às matas ciliares: com a ausência da mesma, as águas da chuva e do próprio rio transportam sedimentos para dentro do curso d'água - desta maneira, aumentando a assoreamento dos rios (ARAUJO, 2005) (Figura 1).

Essa vegetação também protege os rios de diversas substâncias poluidoras, inclusive produtos químicos usados em áreas de cultivo, atuando como uma “parede” que barra a entrada dessas substâncias contaminantes para as águas (CAMPOS; MATHIAS, 2010). Outra função das matas ciliares é a manutenção da estabilidade térmica dos pequenos cursos d'água. A temperatura constitui um fator limitante à existência e ao desenvolvimento de muitas espécies, provoca um aumento na ação tóxica de muitos elementos e compostos químicos, sendo frequente a maior mortandade de peixes, durante o verão em águas poluídas (FRITZSONS et al., 2005).



**Figura 1.** APP sem Vegetação ciliar. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2018.

Existem várias experiências de sucesso em programas de recuperação. Entretanto, para fazer o monitoramento da recuperação é fundamental acompanhar as alterações que se processarão no ecossistema. Considerando o componente “Solo”, uma das formas de avaliar as suas perdas por processos erosivos em áreas degradadas ou recuperadas, para a verificação do estágio da

sua recuperação, é usar como estratégia a comparação destas áreas com paisagens naturais localizadas na proximidade. Elas representam a memória de uma dada região.

Essa estimativa deve ser feita se analisando as diversas características do local, incluindo clima, topografia, geologia, cobertura vegetal, uso e manejo do solo. Servirá também de base para monitoramento e comparações futuras do local. A evidência de que processos erosivos persistem, evidenciam a existência de problemas hidrológicos no local (SOUZA, 2015).

### 2.3. Características do solo

**Densidade:** A Densidade do solo (Ds) corresponde a um atributo físico que representa os arranjos das partículas que vão definir as características da porosidade, onde é possível avaliar a compactação da área. A Ds depende da estrutura do solo, da umidade, compactação e do manejo do solo e será influenciada pelo teor de matéria orgânica que melhora a agregação das partículas e conseqüentemente a densidade e a porosidade. Constitui-se em importante indicativo da capacidade de armazenamento de água para as plantas, auxiliando na determinação de práticas de conservação de solo e água (FERNANDES FILHO; FRANCELINO, 2001). A densidade do solo se dá por meio da massa seca do solo pelo volume total onde inclui os poros, quanto maior for a densidade, maior será a porosidade.

### 2.4. Nascentes

A água é definida como um recurso natural de altíssimo valor econômico, estratégico e social, já que todos os setores de atividade humana necessitam dela para realizar suas atividades e funções.

Por conta do modelo assumido pela Revolução Verde e atualmente pelo agronegócio, um grande problema nas propriedades rurais é o fenômeno da erosão, que entre outros é o responsável pelo soterramento das nascentes (Figura 2).

Outros problemas como o pisoteio do gado, o desmatamento da mata ciliar, a diminuição da capacidade de infiltração da água no solo como construção de estradas, pastagens e lavouras, tem diminuído muito o fluxo de água e o número de nascentes (CALHEIROS, 2004).



**Figura 2.** APP com nascente em processo de recuperação no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba: cercamento da área e recomposição vegetal na zona de contribuição dinâmica. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2014.

As nascentes são fundamentais para o abastecimento das bacias hidrográficas, assim como indispensáveis para as propriedades rurais, principalmente para a agricultura familiar, pois é a partir da água que os produtores podem elevar os seus ganhos por meio de atividades típicas da agricultura familiar (CALHEIROS 2004).

As principais formas de degradação de nascentes são (SOUZA, 2022):

- Pastoreio intensivo: a criação extensiva de animais em áreas de cabeceiras é uma das formas mais graves de agressão aos mananciais, pois não se alertam para os cuidados com as pequenas nascentes;
- Construção de estradas: um mau planejamento na construção de estradas próximas as áreas de encosta não passam por um planejamento adequado, principalmente, visando à proteção das nascentes.

Na verdade, o que leva uma nascente a secar não é o desmatamento, mas a diminuição da capacidade do solo em infiltrar a água da chuva através da superfície do solo (Figura 3).



**Figura 3.** Cercamento de APP para evitar o pisoteio no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba: cercamento da área e recomposição vegetal na zona de contribuição dinâmica. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2014).

#### **✚ Técnicas vegetativas aplicadas à conservação de nascentes**

- As nascentes perenes, aquelas que fluem uniformemente durante o ano, independentemente de seu entorno estar ou não coberto de vegetação, devem ser protegidas contra qualquer agente externo que venha romper o equilíbrio vigente, diminuindo a quantidade e a qualidade da água;
- As nascentes que apresentam vazões irregulares, tanto em escala diária, mensal ou anual, necessitam da interferência do homem com o objetivo de conservar e aumentar a produção de água;
- Escolha de espécies, espaçamentos e sistemas de manejo capazes de produzirem a menor perda possível por evapotranspiração, favorecendo, assim, o abastecimento do lençol freático responsável pela nascente;
- Melhoria do estado vegetativo das pastagens, por técnicas como rodízio, adubação e substituição de espécies forrageiras, adoção de sistemas silvipastoris, procurando sempre aumentar a infiltração de água no solo;
- Uso de técnicas de manejo dos cultivos agrícolas que protejam bem o solo, tais como: manutenção de vegetação de cobertura entre fileiras da plantação, capina em faixas, plantios diretos, plantios em faixas intercaladas, plantações sempre em nível, são ações que promovem o aumento da infiltração; e

- Uso de renques de vegetação permanente, em nível, servindo de barreiras à livre movimentação da água ao longo da superfície da encosta, facilitando a infiltração. A espécie usada não deve ser invasora.

### 3. Adubação Orgânica

Os adubos orgânicos são resíduos de origem animal (esterco e urina proveniente de estábulos, pocilgas e aviários) ou vegetal (palhas e outros), que podem ser usados na forma líquida ou sólida (Figura 4). Os adubos orgânicos contêm nutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes, especialmente cobre e zinco (PAULUS; MULLER; BARCELOS, 2000).



**Figura 4.** Adubação orgânica utilizada para cultivo experimental de milho. Fonte: Crespo, 2021.

Existem vários benefícios econômicos, sociais e ambientais do uso de adubação orgânica, desde que sejam utilizados de forma correta, com critérios técnicos e de forma sustentável. Vale ressaltar: existe um apelo por parte da sociedade que defende o uso de material orgânico para a produção agrícola, em detrimento ao uso de fertilizantes químicos, dos quais o Brasil se tornou refém - depende da importação. Os resíduos de aves, suínos e bovinos gerados pela

agroindústria, podem deixar de ser um problema e se tornarem uma solução ecologicamente correta (GAYA, 2004; CUNHA, 2018).

Weinartner et al. (2006) relataram a seguinte caracterização dos tipos de esterco:

a) Esterco bovino e equino: são os mais ricos em fibras e ajudam a desenvolver organismos que são antagonistas de fungos causadores de doença de solo;

b) Esterco suíno: caracterizado pela boa quantidade de nitrogênio e de zinco,

c) Esterco de aves: muito rico em nitrogênio, aplicado normalmente junto com a maravalha (cama) que é colocada para acomodar frangos. Este material, quando tratado, apresenta-se bem farelado, escuro e frio, sem excesso de amônia.

O aumento do custo dos fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental vêm gerando aumento na demanda por pesquisas para avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização de resíduos orgânicos (MELO et al., 2004).

### **Poluição ambiental acarretada por dejetos de animais**

A preocupação com a necessidade de conservação e, ou, preservação do ambiente e de bem-estar da população vem desafiando a comunidade científica, no que se refere aos processos de tratamento de resíduos poluidores (SOUZA et al., 2005). Nos anos recentes aconteceu uma intensificação dos sistemas de produção de proteína animal: por ser em larga escala, tem gerado grande quantidade de resíduos, causando aspectos, impactos e externalidades ambientais negativos (RIBEIRO et al., 2007) (Tabela 1).

Com o risco de esgotamento de recursos naturais e de degradação do meio ambiente, da dimensão dos custos econômicos e ambientais decorrente da intensificação dos sistemas agrícolas, pecuários e agroindustriais, torna forçosa a procura de soluções que valorizem os seus efluentes e coprodutos, visando tanto a redução da sua toxicidade como o desenvolvimento sustentável de novos processos e de novos produtos. De acordo com a EMBRAPA (2003), há um alerta forte e constante para o desenvolvimento de conhecimentos e soluções

de reciclagem de nutrientes, da disposição ambiental correta dos dejetos animais e na reutilização dos resíduos rurais.

**Tabela 1.** Produção diária de dejetos por animal

<b>Tipo de animal</b>	<b>Média de produção de dejetos (em kg dia<sup>-1</sup>)</b>
Bovinos	23,00
Suínos	2,50
Aves	0,18
Equinos	12,00

Fonte: Sganzerla (1983) adaptado por Colatto e Langer, 2012.

Isso porque os resíduos animais podem contaminar o solo, lagos, córregos e rios, por intermédio da infiltração dessa água residuária para o lençol freático; a proliferação de parasitas, como as moscas, e a produção de gases de péssimo odor, são alguns problemas de poluição ambiental provocado por esses dejetos (CAMPOS et al., 2002).

Dada essa realidade, o desenvolvimento da agropecuária, nos dias atuais, apresenta inúmeros desafios, tais como a adoção de sistemas de produção que visam diminuir a pressão sobre os recursos naturais. O objetivo deve ser se antecipar os processos naturais, como a decomposição de resíduos, a conservação da água e do solo e a manutenção do agroecossistema por longos períodos (ALTIERI et al., 2015; TEIXEIRA; PIRES, 2017).

Dessa forma, para esses mesmos autores, os modelos de produção agroecológicos se apresentam como uma excelente alternativa: representam paralelamente ao ambiente de produção, um sistema ecológico dinâmico e complexo, repleto de interações, as quais necessitam de equilíbrio para manutenção de sua capacidade energética e, conseqüentemente, produtiva.

Segundo Altieri (2004), sistemas agroecológicos têm como elementos básicos para produção a conservação e regeneração dos recursos naturais, sobretudo solo e água, o manejo dos recursos produtivos, com diversificação de culturas e reciclagem de nutrientes oriundos da biomassa vegetal e animal.

Portanto, a reutilização de resíduos na agropecuária apresenta benefícios inquestionáveis. Há de se levar em consideração a mitigação do problema ambiental que representa seu descarte inadequado (PIRES; MATTIAZZO, 2008).

Os métodos de reciclagem dos nutrientes e da matéria orgânica dos dejetos animais é o melhor destino que se pode dar a esses resíduos, evitando a poluição ambiental e preservando as características físicas, químicas e biológicas do solo (CAMPO, 1999; HOMEN et al., 2014)

Com isso, um manejo adequado dos resíduos é uma necessidade sanitária, ecológica e econômica: sanitária, porque os resíduos podem prejudicar a saúde dos animais e do homem; ecológica, porque os resíduos, ricos em MO e nutrientes, causam poluição e desequilíbrio no meio ambiente; e econômica, porque o tratamento dos resíduos envolve recursos de equipamentos, de material e de mão de obra, que oneram o sistema produtivo e podem até mesmo inviabilizá-lo (HARDOIM et al., 2003; HOMEN et al., 2014).

Um aspecto positivo dos sistemas pecuários é que os resíduos orgânicos são insumos de produção agrícola: quando estabilizados e reciclados adequadamente no solo, podem otimizar a produção vegetal e, conseqüentemente, a produção animal (Figuras 5, 6 e 7).



**Figuras 5, 6 e 7.** Experimento com uso de resíduos da bovinocultura no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2012).

Assim, apesar de serem chamados de resíduos com grande capacidade de poluição, na verdade são de fato recursos a serem reciclados no ecossistema natural (VAN HORN et al., 1994).

O aumento da matéria orgânica do solo é um importante indicador de sua fertilidade e qualidade biológica. A matéria orgânica desempenha importantes funções nos diferentes processos biogeoquímicos do sistema edáfico, favorecendo o crescimento e a diversificação da biomassa microbiana e a disponibilidade de nutrientes para as plantas: ocasionará a diminuição da compactação e densidade do solo e o aumento da penetração e crescimento do sistema radicular (DOETTERL et al., 2015).

Segundo Razzaghi, Obour e Arthur (2019), a redução da densidade do solo aumenta significativamente a capacidade de aeração, infiltração e retenção de água no solo, melhorando sua estrutura física e, por consequência, favorecendo o crescimento das plantas: o uso de resíduos orgânicos atua para reduzir a densidade total do solo.

Todos esses fatores atuarão de forma direta e indireta na qualidade do solo e no crescimento de plantas, sendo o uso de resíduos orgânicos nos agroecossistemas uma prática promissora, capaz de melhorar a eficiência das adubações e aumentar a produtividade das culturas ao longo dos anos.

#### **4. Dejetos de bovinos**

Nos dias atuais, uma *commodity* que tem gerado burocracias quando se trata de quesitos ambientais, particularmente no que se refere à exportação, é a produção de carne bovina.

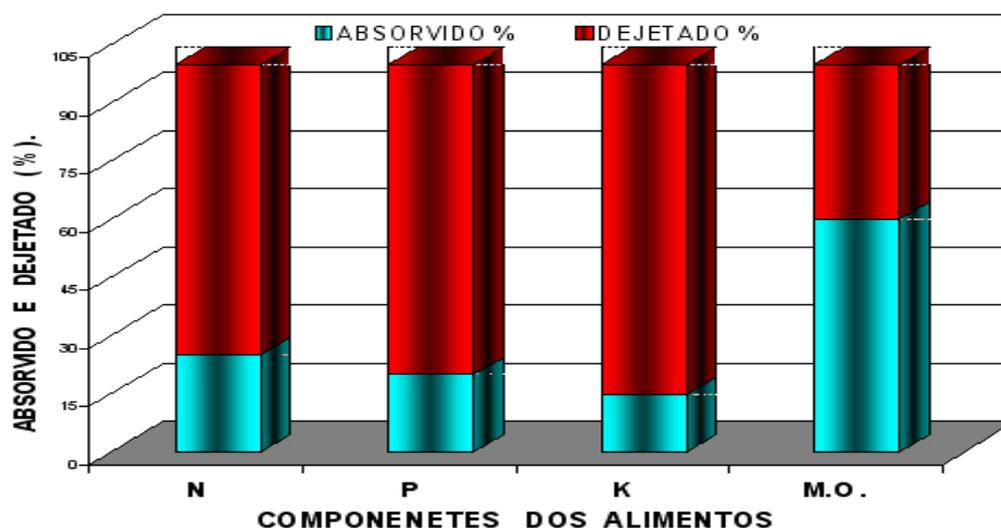
Por outro lado, os dejetos bovinos apresentam grande quantidade de nutrientes em sua composição (Tabela 2), o que tem interessado a pesquisa, devido ao alto custo dos fertilizantes químicos, tornando limitante seu uso para os agricultores familiares, e também pela conscientização social por uma agricultura sustentável, onde a reciclagem de nutrientes dentro da propriedade contribui não apenas para a redução dos custos, mas também para redução da poluição ambiental (SIMAS; NUSSIO, 2001; ALTIERI et al., 2015).

**Tabela 2.** Forma de excreção dos nutrientes ingeridos (% do total excretado).

Elemento	Urina	Fezes
Nitrogênio	76-82	18-24
Potássio	70-90	13-30
Fósforo	Traços	95+
Magnésio	30-10	70-90
Enxofre	6-90	10-94
Cálcio	Traços	99

Fonte: Wilkinson e Lowrey, 1973.

Pauletti (2004) descreve que a quantidade de dejetos produzidos por um bovino adulto pesando 453 kg, excreta 23,5 kg de esterco e 9,1 kg de urina, por dia. Relata inclusive a distribuição dos minerais consumidos por vacas em lactação: 10% dos minerais são absorvidos pelo animal e 90% são excretados na forma de urina e fezes, por exemplo, 25% do nitrogênio são absorvidos, 18% são eliminados nas fezes e 57% são eliminados pela urina (Figura 8).



**Figura 8.** Aproveitamento dos alimentos pelos animais ruminantes - N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio) e MO (matéria orgânica). Fonte: Kiehl, 1985.

Os bovinos, individualmente, excretam aproximadamente 145 g de N, 42,7 g de P e 131,5 g de K em esterco fresco, diariamente. Utilizando este

esterco como fertilizante, pode-se ter resultado em aumentos na produtividade de culturas, tanto nas forrageiras (cobertura do solo), como naquelas cultivadas para fins comerciais (BARCELLOS, 1991).

Dessa forma, a utilização de dejetos de bovinos, disponíveis em grandes quantidades, propicia uma diminuição nos custos de produção, por substituírem os adubos químicos (SILVA, 2005; TEIXEIRA, PIRES, 2017).

A quantidade de nutrientes retornados ao solo via fezes e urina dos animais, varia amplamente em função da quantidade e qualidade da forragem consumida e da necessidade do animal. Uma quantidade substancial de nutrientes que está contida nas fezes dos animais pode ser potencialmente reciclada no solo, em uma forma mais prontamente disponível (SIQUEIRA JÚNIOR, 2005).

#### **4.1. Produção de dejetos animais**

As agressões ambientais são devidas à exploração predatória dos recursos naturais e a falta de medidas que controlem os resíduos sólidos, líquidos e gasosos (LEITE et al., 2004).

Para mudar essa realidade, as iniciativas de gestão devem visar uma abordagem de valorização de um recurso, com foco nos diferentes interesses que convergem na produção e gestão adequada e integrada dos fluxos gerados nos sistemas agropecuários, assegurando o desenvolvimento sustentável, em nível regional ou nacional (MOREIRA, 2020).

De acordo com essa mesma autora, em todos os passos relacionados com a gestão destes fluxos (produção, recolha, armazenamento, valorização e reutilização nas condições locais), o objetivo não deve ser apenas evitar a sua eliminação: também reduzir a exploração de recursos naturais, pela reciclagem, numa abordagem de resíduo Zero, de Economia Circular e de encerramento de Ciclos de Nutrientes, para que definitivamente, os efluentes sejam experimentados e incluídos em estratégias de desenvolvimento sustentável enquanto uma mais-valia inquestionável e inadiável; ou seja, um recurso a valorizar.

De acordo com Campos et al. (2003) é crescente a demanda por produtos de origem animal. Em decorrência, vem sendo intensificada a exploração de animais em pequenas áreas: conseqüentemente, produz uma grande

quantidade de dejetos em pequenas áreas (Tabela 3), gerando problemas para seu tratamento e disposição.

**Tabela 3.** Quantidade de esterco e de nutrientes produzida por animal/ano.

<b>Componentes (Kg cabeça<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Bovinos</b>	<b>Suínos</b>
Água	13.145	1.324
Matéria seca	2.039	176
Total	15.184	1.500
Nitrogênio	78,9	7,5
Super Fosfato Simples (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	20,6	5,3
Cloreto de Potássio (K <sub>2</sub> O)	93,6	5,7
CaO + MgO	35,9	3,0

Fonte: Adaptado de Kiehl, 1985.

Pensando no aumento da produtividade de leite e de carne em nível de propriedade rural, uma das opções que mais têm se destacado, refere-se à intensificação da produção a pasto, aumentando o uso racional de tecnologias relacionadas ao manejo do solo, do ambiente, da planta e do animal (ALENCAR et al., 2009). Segundo Kelly (1950) e Bolzani et al. (2012), somente uma pequena parte da energia da alimentação ingerida pelos animais é transformada em leite, carne, gordura ou ovos. O restante é descartado para o ambiente na forma de fezes, urina e calor.

A quantidade de dejetos produzidos por dia, seus teores de umidade, de matéria seca e a composição química, variam de acordo com o peso do animal, idade, tipo de alimentação, digestibilidade do alimento, quantidade de água ingerida, estação do ano e outros fatores. O conteúdo real de sólidos depende ainda do tipo de cama utilizada, resto de alimentos, água de limpeza e evaporação (MORSE et al., 1994).

#### **4.2. Manejo dos dejetos**

Os efluentes pecuários são coprodutos resultantes das atividades pecuárias. Em casos de manuseamento inadequado, representam riscos para a

saúde pública e animal, devendo seguir procedimentos de controle nos núcleos de produção de forma a permitir a correta destinação final para esses efluentes (MOREIRA, 2020).

Dada a crescente produção de dejetos provenientes de sistemas confinados que visam o mercado interno e as exportações de carnes, as barreiras não tarifárias podem representar um agente limitante. Dessa forma, as exigências ambientais para a sua correta disposição devem ser respeitadas e aperfeiçoadas com prioridade.

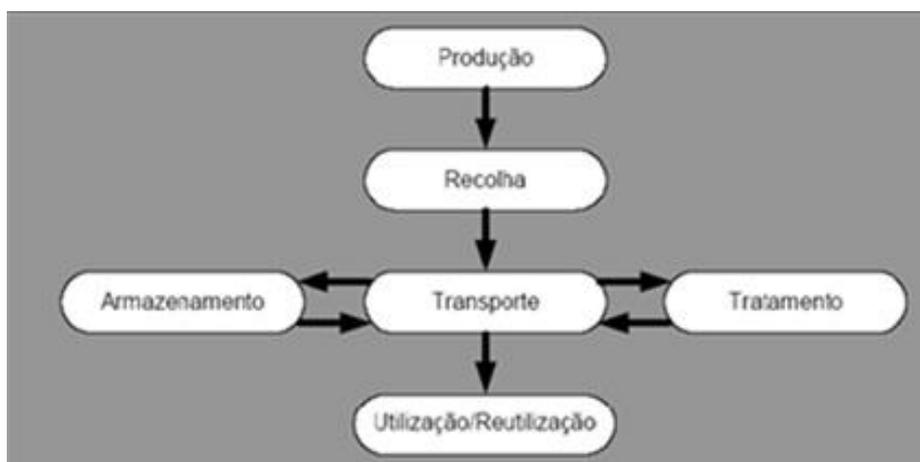
Assim, faz-se necessário estudar medidas viáveis de utilização deste tipo de resíduo na agropecuária. Por tais questões, várias pesquisas vêm sendo realizadas para esse fim; muitos trabalhos são partidários à utilização da água residuária da bovinocultura em pastagens, capineiras, culturas anuais e na recuperação de áreas degradadas; contudo, com o devido acompanhamento técnico especializado (CARLESSO; RIBEIRO; HOEHNE, 2012; SOUZA, 2022).

Cabe ressaltar que muitos trabalhos são desenvolvidos em ambientes controlados, o que dificulta a extrapolação dos resultados para as condições de campo. A crescente preocupação com a poluição das águas e do solo pelo uso intensivo de dejetos de origem animal na agropecuária tem estimulado a busca por alternativas tecnológicas que possibilitem a utilização mais eficaz desses insumos em diferentes sistemas de cultivo e preparo do solo, sem comprometer a qualidade ambiental (QUEIROZ et al., 2004; ROSA et al., 2017).

O sistema de gestão dos dejetos é um conjunto de operações inter-relacionado a partir da sua produção, onde serão recolhidos e transportados para o armazenamento e, ou, tratamento, que possui importante papel, uma vez que após o processo de tratamento, estes dejetos passam a ter condições ambientais para ser utilizado e, ou, reutilizado em áreas agropecuárias (Figura 9) (BICUDO, 1999).

O processo de compostagem, por exemplo, gera como produto final o composto: higienizado e rico em compostos húmicos, decorrente do processo de compostagem, que pode ser armazenado e manuseado sem qualquer problema e que tem um efeito benéfico para as plantas. A sua aplicação em solos é uma estratégia já reconhecida que proporciona a melhoria da sua fertilidade com o aumento da disponibilidade de nutrientes. Os compostos estáveis são muito

resistentes à decomposição e, portanto, contribuem significativamente para o armazenamento de carbono no solo (GRIGATTI et al., 2020) (Figura 10).



**Figura 9.** Operações-chave envolvidas na gestão de efluentes pecuários. Fonte: Bicudo, 1999.

De acordo com esses mesmos autores, como medida de segurança, os resíduos não devem ser acumulados na exploração em quantidades elevadas e por longos períodos de tempo. Conforme as Boas Práticas de Gestão de Resíduos Agrícolas, o agricultor deve proceder à eliminação dos resíduos sem colocar em perigo a saúde humana e sem utilização de processos ou métodos suscetíveis que possam ser prejudiciais ao ambiente. Devem ser mantidos em local adequado, com solo impermeabilizado e afastado de fontes de ignição.



**Figura 10.** Pátio de compostagem. Fonte: EMBRAPA, 2021.

### 4.3. Métodos de tratamento de dejetos

De acordo com Schmitt et al. (2005) e Moreira (2020), para que o líquido possa ser devolvido à natureza ou reaproveitado para fins menos nobres a partir do reuso, a gestão adequada pode passar até por quatro etapas: tratamento preliminar, o tratamento primário, o tratamento secundário e o terciário avançado. De acordo com a OPERSAN Soluções Ambientais (2022):

#### ➤ Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar é pautado em remover os sólidos grosseiros, flutuantes e matéria mineral sedimentável. Seguem os processos de:

- **Gradeamento:** são retirados os sólidos em suspensão que ficam nos efluentes, tais como detritos e outros objetos, por meio de grades colocadas em locais estratégicos para reter o material que deve ser removido.

- **Peneiramento:** em sequência, são utilizadas peneiras para remoção dos sólidos muito finos ou fibrosos que não foram retidos na fase anterior. Dependendo da natureza do resíduo, essa etapa pode substituir o sistema de gradeamento. Ou seja, em casos onde o efluente possui sólidos pequenos, o gradeamento não se faz necessário.

- **Desarenadores:** etapa onde ocorre a remoção de misturas formadas por sólidos em líquidos. Trata-se de uma técnica física de separação por sedimentação do material, tais como areia, pedrisco ou cascalho, os quais vão para o fundo do recipiente por conta da diferença de densidade e da ação da gravidade; enquanto a parte líquida permanece na parte superior, os sólidos são acumulados na parte inferior, facilitando sua remoção.

- **Separação de óleo:** efluentes e águas contaminadas com óleos e graxas de áreas de manutenção, lavagem de veículos ou máquinas em oficinas mecânicas, devem passar por esse processo de separação onde são utilizados dispositivos com a função de empregar métodos físicos e atuar também por densidade, mas nesse caso fazendo com que o óleo flutue sobre a água.

O objetivo principal de todas essas etapas da primeira fase é separar o líquido dos materiais que ficam flutuando, uma vez que estes, majoritariamente, acabam não sendo passíveis de tratamento biológico devido à sua natureza inerte ou de baixa degradabilidade.

### ➤ Tratamento Primário

No tratamento primário se removem outros sólidos inorgânicos e a matéria orgânica em suspensão. Nesse caso, a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) também é removida parcialmente e os sólidos suspensos são quase completamente eliminados. Esse nível de tratamento pode envolver os seguintes processos:

- **Decantação primária ou simples:** por meio de decantadores implantados em tanques, os sólidos em suspensão de maior densidade contidos nos efluentes, sedimentam-se e depositam-se ao fundo, constituindo o lodo primário que posteriormente é removido para outro tipo de tratamento.

- **Flotação:** essa é mais uma fase de separação de líquidos dos sólidos ainda restantes. No entanto, a flotação acontece por meio de nuvens de microbolhas de ar que tem o objetivo de arrastar as impurezas para a superfície, facilitando a remoção.

- **Neutralização:** ocorre a regularização do pH dos resíduos ácidos e resíduos básicos (ou alcalinos), quando houver necessidade. Se o resíduo apresentar pH entre 6 e 9 será caracterizado como neutro, não sendo necessário modificações; porém, se o percentual for menor que 5 ou maior que 10, aplica-se essa fase de neutralização.

- **Precipitação química:** não é necessária a todos os tipos de resíduos, por exemplo, dejetos da bovinocultura. A precipitação costuma ser aplicada no tratamento de águas residuais que contenham altas concentrações de metais ou sulfatos. Quando aplicado, o processo ocorre a partir de um determinado produto químico reagindo com íons de metal pesado, formando um sólido denominado “precipitado”, que também é removido posteriormente.

### ➤ Tratamento secundário

O Tratamento Secundário consiste na intensificação do processo natural de biodegradação e na retirada desses materiais biodegradáveis. As principais fases:

- **Processos de lodos ativados:** é um processo biológico que consiste na formação do lodo. Por intermédio de um tanque de aeração que tem por finalidade proporcionar oxigênio aos microrganismos e evitar a deposição dos flocos bacterianos, também se mistura homogeneamente o lodo e o efluente.

- **Lagoas de estabilização:** essa fase objetiva estabilizar a matéria orgânica pela oxidação bacteriológica e, ou, redução fotossintética das algas, proporcionando uma alta eficiência de remoção de DBO e coliformes.

- **Lagoas aeradas:** são bem similares às lagoas de estabilização, tendo como principal diferença o fato de que o oxigênio, ao invés de ser produzido por fotossíntese ou oxidação, é fornecido por aeradores mecânicos.

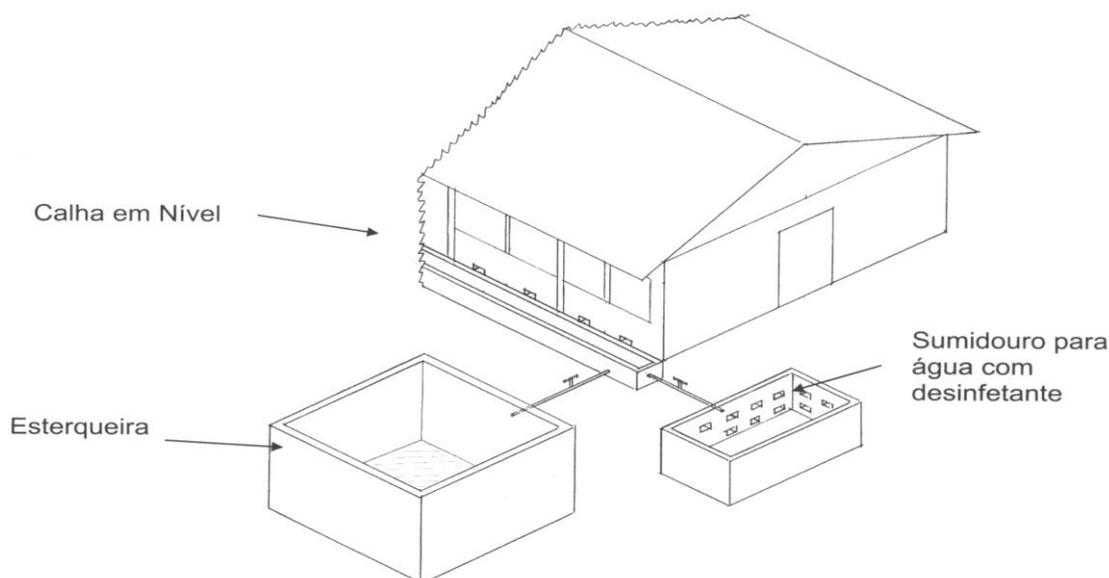
- **Filtros biológicos:** os filtros são utilizados para remover a matéria orgânica do líquido onde o processo ocorre por meio do crescimento microbiano na superfície do local, sobre o qual o esgoto é derramado e percola à matéria até a parte inferior do filtro.

Os reatores anaeróbios e a precipitação química por meio da elevação do pH de metais tais como cobre, níquel e zinco, também podem ser considerados como processos secundários.

Nessa fase ocorre a remoção de sólidos dissolvidos, a exemplo da matéria orgânica e sólido suspensos muito fino. Os processos biológicos de remoção utilizados classificam-se em: Aeróbio, utilizando microrganismos que necessitam de oxigênio dissolvido no meio, fornecido por aeradores mecânicos ou pela circulação de líquido em meio filtrante; e o anaeróbio, utilizando microrganismos que não necessitam de oxigênio livre no meio, empregado em dejetos com alta carga orgânica.

Lagoas anaeróbias, biodigestores e fossa séptica (Figura 11) são os exemplos mais conhecidos. As esterqueiras e bioesterqueiras objetivam o armazenamento temporário dos dejetos para uso posterior como fertilizante. Embora seja um processo anaeróbio para a estabilização do material, não são consideradas como unidades de tratamento.

A produção de biofertilizantes é decorrente do processo de fermentação, ou seja, da atividade dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica e complexação de nutrientes, o que pode ser obtido com a simples mistura de água e esterco fresco (TIMM et al., 2004).



**Figura 11.** Fossa séptica. Fonte: Moreira, 2020.

### ➤ Tratamento Terciário

O Tratamento Terciário avançado é utilizado para obter um efluente de alta qualidade com a remoção de outras substâncias contidas nas águas residuárias. Ou seja, nesta etapa se remove do material em solução tudo que não foi tratado nos tratamentos anteriores, tais como metais pesados e compostos orgânicos. Podem fazer parte do tratamento terciário:

- **Osmose reversa:** essa é uma alternativa que tem como finalidade remover as demais impurezas da água por meio da retenção de moléculas. A presença de membranas semipermeáveis garante que as partículas menores que foram perdidas em estágios anteriores sejam retidas, especialmente os sólidos totais dissolvidos (TDS). A osmose reversa faz com que a água passe por uma pressão maior, de modo com que a membrana retenha o soluto e permita a passagem da água pura.

- **Filtros de areia:** assim como na osmose reversa, os filtros de areia também tem o objetivo de reter os sólidos. No entanto, eles tem potencial para filtrar apenas sólidos em suspensão de 5 até 25 micra (unidade de medida microscópica).

- **Remoção de nutrientes:** caso o efluente tratado ainda apresente alto teor de nutrientes em sua composição, é necessário fazer a remoção dos mesmos para descarte. Isso porque esses nutrientes tendem a consumir mais

oxigênio do corpo hídrico e podem tornar o ambiente impróprio para sobrevivência de peixes. Esses nutrientes podem ser removidos por meio de algumas técnicas, sendo uma das principais a adsorção, onde ocorre a transferência da água em fase líquida para um adsorvente sólido, como materiais com alto teor de carbono (plantas, animais, resíduos de frutas, casca de arroz, algas e outros) que absorvem esses nutrientes.

Essas etapas do tratamento de efluentes são fundamentais para que poluentes específicos sejam removidos de maneira adequada, deixando assim os resíduos de acordo com os parâmetros exigidos pelos órgãos ambientais antes de serem devolvidos ao meio ambiente ou reaproveitados para outros fins.

Vale lembrar que, a depender do efluente, nem todas as etapas serão necessárias até atingir o parâmetro adequado para descarte ou reutilização: caso da maioria dos dejetos animais. Por isso, é de suma importância realizar uma análise especializada para tal definição.

#### **4.4. Irrigação e fertirrigação**

A irrigação tem sido uma das técnicas mais utilizadas na agricultura visando acréscimos na produção. Um bom sistema de irrigação deve aplicar determinado volume de água no solo, uniformemente, onde não ocorre o suprimento de forma natural, até determinada profundidade, propiciando umidade necessária ao desenvolvimento normal das plantas (DRUMOND, 2003; BERNARDO et al., 2019).

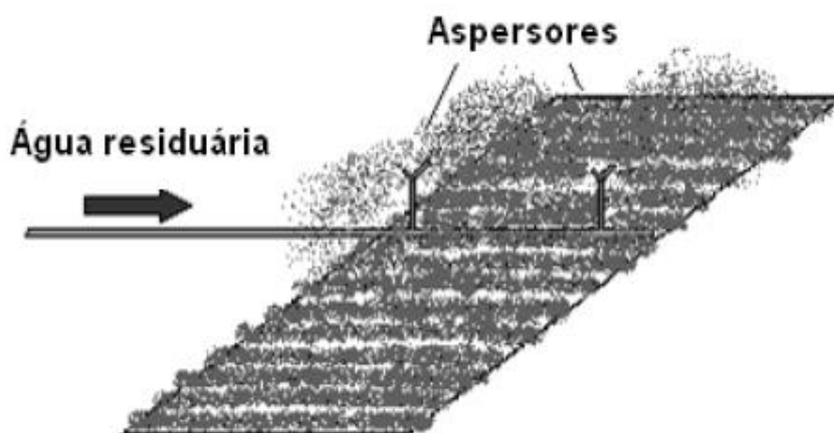
A fertilização combinada com a água, conhecida como fertirrigação, atende às necessidades de nutrição das plantas, podendo ser perfeitamente adaptável aos diferentes sistemas de irrigação (GOLBERG; SCHMUELI, 1970; BERNARDO et al., 2019).

A utilização de águas residuais tratadas ou parcialmente tratadas na fertirrigação de culturas, eliminando o seu despejo em cursos de água, é uma alternativa favorável e com rápida expansão (BALKS et al., 1998; BERNARDO et al., 2019).

Em países onde a agricultura irrigada é mais desenvolvida, a aplicação de fertilizantes, herbicidas e inseticidas via água de irrigação já é uma prática rotineira. Mesmo que ainda existam muitos aspectos a esclarecer e a serem pesquisados, pode-se admitir que a fertirrigação se tornasse uma técnica da qual

os agricultores podem tirar proveito em função das vantagens, como a economia de mão de obra, possibilidade de aplicar o produto em qualquer fase do ciclo da cultura, fácil parcelamento e controle, maior eficiência na utilização de nutrientes, e facilidade de aplicação de micronutrientes (COSTA et al., 1986; BERNARDO et al., 2019).

A fertirrigação com águas residuárias pode ser feita por sulco, aspersão (Figura 12), gotejamento ou com chorumeiras, sendo a seleção do método de irrigação em função da cultura, susceptibilidade a doenças e capacidade de infiltração de água no solo (MOCANO, 2005).



**Figura 12.** Esquema ilustrativo da disposição de uma fertirrigação por aspersão.  
Fonte: Matos, 2005.

A fertirrigação possui a vantagem de ser um método combinado de tratamento e disposição final, além de proporcionar fertilização e condicionamento do solo. Como desvantagens: elevadíssimos requisitos de área; ser dependente do clima e dos requisitos de nutrientes dos vegetais; possibilidade de contaminação dos trabalhadores na agricultura (na aplicação por aspersão de águas contaminadas com agentes patogênicos); e possibilidade de ocorrência de alterações químicas e físicas no solo quando aplicadas em doses e formas inadequadas (MATOS, 2005).

#### **4.5. Estudo de Caso: Atílio Vivácqua, ES**

No município de Atílio Vivácqua, ES, a prefeitura municipal desenvolve um programa de aproveitamento de resíduos de dejetos bovinos para irrigação

de capineiras e na recuperação de áreas degradadas. Cabe considerar que anteriormente esses resíduos eram lançados diretamente nos corpos hídricos, causando sérios problemas de poluição, assoreamento e degradação ambiental (Figura 13).



**Figura 13.** Resíduos em lagoas de estabilização e aerada (com aerador mecânico), para irrigação de capineira. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

Na Figura 14, observa-se o produtor rural utilizando o esterco bovino, após 60 dias de tratamento secundário em lagoas anaeróbias e facultativas.



**Figura 14.** Resíduos utilizados em capineira. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

#### 4.5.1. Benefícios sociais

Tratando-se de meio ambiente, cuja qualidade é essencial para a sobrevivência de todas as formas de vida, é fundamental que a disposição de resíduos seja realizada de forma sustentável: é sabido que existe uma relação direta entre qualidade ambiental, manutenção dos serviços ecossistêmicos e benefícios socioeconômicos.

Nos dias atuais, a relação ser humano *versus* meio ambiente, deve ser considerado uma questão preocupante e central. A proteção e ordenação da base dos recursos naturais e o desenvolvimento socioeconômico são requisitos indispensáveis para se atingir a sustentabilidade.

Dessa forma, os métodos de reciclagem dos nutrientes e da matéria orgânica dos dejetos animais é um excelente destino que se pode dar aos resíduos, evitando a poluição ambiental e preservando as características físicas, químicas e biológicas do solo: essa é a visão da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Atílio Vivácqua, ES.

#### 4.5.2. Objetivos da recuperação de áreas degradadas (RAD)

O Município de Atílio Vivácqua, ES, enfrenta sérios impactos e externalidades negativos, que aceleram os processos de degradação ambiental. Várias nascentes e cursos d'água deixaram de ser perenes. Desta forma, o programa de recuperação ambiental municipal objetiva, principalmente:

- Recuperação e conservação da flora regional em áreas de APP das nascentes, matas ciliares e topos de morros;
- Controle da erosão e assoreamento;
- Proteção dos recursos hídricos;
- Regularização hidrológica via uso de barraginhas e cochinchos;
- Isolamento da nascente contra pisoteio de animais; e
- Recuperação da fertilidade do solo.

Anteriormente aos procedimentos de recuperação, devem-se avaliar os cenários pré e pós-degradação ambiental.

### **4.5.3. Avaliação dos cenários pré e pós-degradação ambiental**

Nos locais onde se pretende executar um projeto de RAD, como no município de Atílio Vivácqua, é realizada uma pesquisa exploratória e, principalmente, observatória, com utilização de recursos, tais como: registros fotográficos (acervo da propriedade), visitas à propriedade, conversas com o produtor rural, além da leitura de artigos, publicações acadêmicas e científicas como suporte teórico.

Na avaliação pré e pós-degradação é possível identificar e realizar as práticas a serem postas em prática para a recuperação de uma área degradada, planejando e esquematizando um novo cenário, que integrará o manejo conservacionista do solo, dos recursos hídricos e do agroecossistema envolvido.

## **5. Considerações finais**

A agropecuária brasileira representa uma importante atividade no Brasil. Possui um grande número de propriedades rurais brasileiras que compõe um dos fatores responsáveis pelo desenvolvimento econômico nacional pela grande geração de empregos e renda.

Contudo, tratando-se das questões ambientais, essa atividade gera grandes quantidades de resíduos, sendo enquadrada na legislação ambiental como uma atividade potencialmente causadora de degradação ambiental. Assim, o produtor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos e impactos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e animais devido ao manejo inadequado dos dejetos: uma forma de diminuir os seus efeitos negativos é a sua passagem por tratamento e aproveitamento na propriedade.

Por essas questões, o uso de dejetos animais como fertilizante vem se intensificando, substituindo os agroquímicos, pelo fato do adubo orgânico trazer inúmeros benefícios ao solo, influenciando direta ou indiretamente nas suas propriedades física, químicas e biológicas. Adicionalmente, por apresentarem elevada porosidade e área superficial, trazem benefícios agrônômicos em longo prazo, principalmente por aumentar o aporte de N, a retenção de água e outros nutrientes no solo, melhora a estrutura física do solo e favorece o desenvolvimento de microrganismos benéficos.

A matéria orgânica altera a porosidade, a estabilidade de agregados e a capacidade de retenção e infiltração de água no solo, eleva pH, CTC e a

saturação por bases, além de influenciar positivamente a disponibilidade de nutrientes e o desenvolvimento da microbiota edáfica. Ou seja, o uso de composto, lodos e águas residuárias da produção animal, entre outros, para fins diversos, como a irrigação ou a fertirrigação de capineiras e forrageiras, apresenta-se como alternativa promissora de gestão dos resíduos gerados, redução de custos e geração de renda no meio rural.

## 6. Referências bibliográficas

AGUIAR, A. P. A.; DRUMOND, L. C. D. **Pastagens irrigadas**. In: Curso de Especialização em Manejo da Pastagem, 2002, Uberaba: FAZU, 86 p.

ALENCAR, C. A.; CUNHA, F. F.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; ROCHA, S. D.; ARAÚJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.98-108, 2009.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; HENAO, A.; LANA, M. A. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. **Agronomy for sustainable development**, v. 35, n. 3, p. 869-890, 2015.

ALTIERI, M. **Agroecologia: Bases científicas para a agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ANAMI, M. H.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M.; GOMES, S. D.; QUEIROZ, M. F. de. Descolamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 75-80, 2008.

ARAÚJO, A. S.; SANTOS, A. C.; NETO, S. P. S. Produtividade do capim-marandu e alterações químicas do solo submetido a doses de dejetos líquidos de bovinos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 3, p. 235-246, 2011.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. Gestão ambiental de áreas degradadas. 6ª ed. Rio de Janeiro – RJ: Editora Bertrand Brasil, 2005. DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 3ª ed. São Paulo – SP: Signus Editora, 2007.

ASSMANN, T. S.; ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B. Fixação biológica de nitrogênio por plantas de trevo (*Trifolium* spp.) em sistema de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1435-1442, 2007.

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

BARCELOS, L. A. R. **Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos**. Santa Maria, 1991. 108p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria.

BARNABÉ, M. C. **Produção e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos de suínos**. 2001. 23 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária, Goiânia.

BARNABÉ, M. C.; ROSA, B.; LOPES, E. L.; ROCHA, G. P.; FREITAS, K. R.; PINHEIRO, E. P. Produção e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 3, 2007.

BASSO, S. M. S.; SCHERER, C. V.; ELLWANGER, M. F. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: Pastagem Natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, 2008.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: **Hidrologia ciência e aplicação**. Porto Alegre, editora da Universidade/UFRGS, 2001, p. 849-875.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG, Brasil: Editora UFV, 2019.

BETTIOL, W.; TRATCH, R.; GALVÃO, J. A. H. **Controle de doenças de plantas com biofertilizantes**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. 22 p.

BICUDO, J. R. P. W. **A exploração leiteira compatível com o ambiente**. Holstein, New York, n. 15, p. 56-62, 1999.

BOLZANI, H. R.; OLIVEIRA, D. L. O.; LAUTENSCHLAGER, S. R. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 385-392, 2012.

CALHEIROS, R, de Oliveira et al. **Preservação e recuperação de nascentes**. Piracicaba, SP, 2004. Disponível em: <http://www.sema.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=140>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CAMPO, A. T. **Manejo de dejetos e de alimentação da pecuária leiteira como estratégia para a redução das emissões de metano**. In: Minas Gerais, 1. Juiz de Fora. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, p. 286-298, 1999.

CAMPOS, A. T., FERREIRA, W. A., JÚNIOR, J. L., ULBANERE, R. C., CAMPOS, A. T. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 426-438, 2002.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, D. S.; CAMPOS, A. T.; PIRES, M. F. **Tratamento de águas residuárias em sistema intensivo de produção de leite**. In: Circular Técnica, 75. Embrapa Gado de Leite, p. 1-5, 2003.

CARLESSO, W. M.; RIBEIRO, R.; HOEHNE, L. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 3, n. 4, p. 105-110, 2012.

CASTAMANN, A. **Aplicação de dejetos líquidos de suínos na superfície e no sulco em solo cultivado com trigo**. 2005. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina, Passo Fundo, 2005.

COSTA, E. F. da; FRANÇA, G. E. de; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 63-69, 1986.

CRESPO, A. M. **Plantio direto de milho-verde orgânico sobre diferentes plantas de cobertura de verão**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo, campus de Alegre). 2021. 61 p.

CUNHA, E. G. **Influência de biocarvão e água residuária da suinocultura nos atributos do solo, no desenvolvimento inicial e na nutrição mineral do milho**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, Campus de Alegre, ES, 2018.

DELEITO, C. S. R.; CARMO, M. G. F. do; FERNANDES, M. C. A.; ABOUD, A. C. S. Ação bacteriostática do biofertilizante *Agrobio in vitro*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 281, 2005.

DIAS, L. E. Recuperação de áreas degradadas. In: Encontro de preservação de mananciais da Zona da Mata Mineira, 3., 2003, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2003. p.225-268.

DOETTERL, S.; STEVENS, A.; SIX, J.; MERCKX, R.; VAN OOST, K.; PINTO, M. C.; CASANOVA-KATNY, A.; MUNOZ, C.; BOUDIN, M.; VENEGAS, E. Z.; BOECKX, P. Soil carbon storage controlled by interactions between geochemistry and climate. **Nature Geoscience**, 2015.

DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for assessing soil quality**. Madison, SSSA, 1996. 411p. (SSSA Special Publication, 49).

DRUMOND, L. C. D. **Aplicação de água residuária de suinocultura por aspersão em malha: desempenho hidráulico e produção de matéria seca de Tifton 85**. 2003, 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DRUMOND, L. C. D.; ZANINI, J. R.; AGUIAR, A. P. A.; RODRIGUES, G. P.; FERNANDES, L. T. Produção de matéria seca em pastagem de tifton-85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suíno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 426-433, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro: Cenários 2002-2012**. Embrapa/Secretaria de Gestão e Estratégia. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 92 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pecuária de baixa emissão de carbono:** Tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de bovinos de corte e leite em sistemas confinados. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo – Brasília. 2018.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; CHAVES NETO, A.; RIZZI, N. E. A influência da floresta ciliar sobre a temperatura das águas do rio Capivari, região cárstica curitibana. Curitiba, PR. **FLORESTA**, v. 35, n. 3, 2005.

GAYA, J.P. **Indicadores biológicos no solo como uma alternativa para o uso racional de dejetos de suínos como adubo orgânico.** 2004.140 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. 2004.

GOLDBERG, D.; SHMUELI, M. Drip irrigation – a method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. **Transactions of the Asae**, Michigan, v. 13, n. 1, p. 38-41, 1970.

GOVAERTS, B.; MEZZALAMA, M.; UNNO, Y.; SAYRE, K. D.; GUIDO, M. L.; VANHERCK, K.; DENDOOVEN, L.; DECKERS, J. Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity. **Applied Soil Ecology**, v. 37, p. 18-30, 2007.

GRIFFITH, J. J. Recuperar áreas degradadas é zelar pelas futuras gerações. **Informe agropecuário**, v. 22, n. 210, p. 1-2, 2001.

GRIGATTI, M.; BARBANTI, L.; HASSAN, M. U.; CIAVATTA, C. Fertilizing potential and CO<sub>2</sub> emissions following the utilization of fresh and composted food-waste anaerobic digestates. **Science of the Total Environment**, n. 698, p. 13, 2020.

HARDOIM, P. C.; DICESAR, A.; GONÇALVES, M. A. Avaliação do potencial do emprego do biogás nos equipamentos utilizados em sistemas de produção de leite. An. 3. **Enc. Energ. Meio Rural**, 2003.

HOMEN, B. G. C.; NETO, O. B. A.; CONDE, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I. M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Científica**, v. 42, n. 3, p. 299-309, 2014.

KELLY, C. F.; BOND, T. E.; ITTNER, N.R. Thermal design of livestock shades. **Agric. Eng.**, v. 31, n. 12, p. 601-606, 1950.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KONZEN, E. A. Aproveitamento do adubo líquido da suinocultura na produção agropecuária. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 12, 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002. 4 p.

KONZEN, E.A. **Fertirrigação de lavouras e pastagens com dejetos de suínos e cama de aves**. Palestra apresentada no V Seminário Técnico da cultura do Milho, Videira-SC, 2003. Disponível em:<<http://www.canpms.embrapa.br>>.

KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; BAHIA FILHO, A. F. C.; PEREIRA, F. A. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997.

KUNZ, A. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, v. 15, n. 3, p. 28-35, 2009.

LEITE, C. M. B.; BERNARDES, R. S.; OLIVEIRA, S. A. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 111-115, 2004.

MATOS, A. T. **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais**. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental/UFV. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2005.

MATOS, A. T. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: Flávio Meira Borém. (Org). **Pós-colheita do Café**. 1 ed. Lavras-MG: Editora UFLA, 2008, p. 159-201.

MELO, G. M. P.; MELO, V. P.; MELO, W. J. **Metais pesados no ambiente decorrente da aplicação de lodo de esgoto na agricultura**. Grupo de trabalho regulamentação do uso do lodo de esgoto. Brasília, DF, 2004.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; ANDRADE, C. L. T.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**, n. 73, ano XII, p. 30-35, 2003.

MENEZES, J. F. S.; ANDRADE, C. L. T.; ALVA-RENGA, R. C.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. **Utilização de resíduos orgânicos na agricultura**. Palestra apresentada no Agrishow, Ribeirão Preto, SP, 2002. Disponível em:<<http://www.planetaorganico.com.br>>.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica dos solos**. Porto Alegre, Gênese, 1999. p. 1-9.

MONACO, P. A. LO. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. Viçosa – MG: UFV, 2005, Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOREIRA, O. C. Roteiro para a Gestão dos Fluxos Gerados na Atividade Agropecuária. Projeto GoEfluentes - **Efluentes de pecuária**: abordagem estratégica à valorização agronômica/energética dos fluxos gerados na atividade

agropecuária (PDR2020-1.0.1-FEADER031831). Financiado pelo Programa de Desenvolvimento Rural 2020, Medida 1. Promoção para a Inovação, Ação 1.1. Inovação por Grupos Operacionais. 212 p. Disponível em: <https://projects.inia.pt/goefluentes>. Acesso em: 21 abr. 2022.

MORSE, D. et al. Production and characteristics of manure from lactating dairy cows in Florida. Trans. ASAE, **Am. Soc. Agric. Eng.**, v. 37, n. 1, p. 275-9, 1994.

MYERS, R. J. K.; PALM, C. A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I. U. N.; BROSSARD, M. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (ed.) **The biological management of tropical soil fertility**. New York: John Wiley and Sons, 1994. cap. 5, p. 81-116.

NASTARI, P. M. A crise na Ucrânia e a dependência da importação de fertilizantes. **Agroanalysis**, p. 16-17, 2022.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p. (EMBRAPACANPSA. Documentos, 27).

OLIVEIRA, P. A. V. **Projeto de biodigestor e estimativa da produção de biogás em sistema de produção**. Concórdia: Embrapa, 2006. Comunicado Técnico.

OPERSAN Soluções Ambientais. **Principais etapas do tratamento de efluentes**. Disponível em: <https://info.opersan.com.br/etapas-tratamento-de-efluentes>. Acesso em: 22 abr. 2023.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. 1 ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. cap.1, p.11-154.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. Castro, PR, 2004. 86 p.

PAULUS, G.; MULLER, A. M.; BARCELLOS, L. A. R. **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. p. 86.

PENZ JÚNIOR, A. M. A influência da nutrição na preservação do meio ambiente. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** Concórdia: Embrapa-Cnpsa, 2000. p. 53-69.

PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. **“MB-4”**: agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes. Canoas: Salles editora. 273 p. 2005.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. **Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura**. Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 2008.

QUEIROZ, F. M.; MATTOS, A. F.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1487-1492, 2004.

RAZZAGHI, F.; OBOUR, P. B.; ARTHUR, E. Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. **GEODERMA**, 2019.

RIBEIRO, G. M.; SAMPAIO, A. A. M.; FERNANDES, A. R. M.; HENRIQUE, W.; SUGOHARA, A.; AMORIM, A. C. Efeito da fonte proteica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p. 82-91, 2007.

ROSA, D. M.; SAMPAIO, S. C.; PEREIRA, P. A. M.; REIS, R. R.; SBIZZARO, M. Fertilização do milho via água residuária de suinocultura e qualidade ambiental do sistema solo-água. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 4, 2017.

SABOURIN, E.; SILVEIRA, L. M.; TONNEAU, J. P.; SIDERSKY, P. **Fertilidade e agricultura familiar no agreste paraibano: um estudo sobre o manejo da biomassa**. Esperança: CIRAD-TERA/ASPTA, 2000. 59p.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; ROSSO, A. de. Utilização dos dejetos suínos como fertilizante. In: EPAGRI. **Aspectos práticos do manejo de dejetos**. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPQA, 1995. 106p.

SCHMITT, A.; KUBASKI, F. C. Jr.; SELA, L. JÚNIOR; FANTINEL, L.; FONTTELA, L. R. **Esterqueiras e Biodigestores**, 2005.

SGANZERLA, E. **Biodigestor, uma solução**. Porto Alegre, RS, 1983.

SILVA, J. C. P. M. **Esterco líquido de gado de leite e adubação mineral influenciando a produção de silagem e propriedades químicas do solo na região dos campos gerais do Paraná**. Curitiba, 2005. 49p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal do Paraná.

SIMAS, J. M.; NUSSIO, C. M. B. Reciclagem de nutrientes do esterco tendo em vista o controle da poluição do meio ambiente. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, v. 38, 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP, 2001.

SIQUEIRA JUNIOR, L. A. **Alterações de características do solo na implantação de um sistema de integração agricultura-pecuária leiteira**. Curitiba, 2005. 107 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

SOARES, C. M. da C.; REIS, R. S.; CARDOSO FILHO, J. A.; SANTOS, T. M. C. dos. Efeito do uso de água residuária na irrigação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* L.). **Revista Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, SP, v. 25, 2000.

SOUZA, C. F.; SANTOS, C. R.; CAMPOS, J. A.; MOGAMI, C. A.; BRESSAN, W. S. Potencial de dejetos de suínos como substrato na biodigestão anaeróbia sob efeito de diferentes temperaturas e tempos de retenção hidráulica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 300, p. 255-265, 2005.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Novas Edições Acadêmicas/SIA OmniScriptum Publishing: Brivibas gatve 197, LV1039, Riga, Letônia, União Europeia, 2018. 364p.

SOUZA, M. N. **Degradação e Recuperação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 371p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

SOUZA, M. N. Métodos para a identificação e avaliação de efeitos e impactos ambientais. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. p. 37-115. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c2>.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v.5000. 376 p

SOUZA, M. N. Projeção de cenários ou modelos de simulação: uma metodologia de AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021b. p. 116-166. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c3>.

TEIXEIRA, C. T. M.; PIRES, M. L. L. S. Análise da relação entre produção agroecológica, resiliência e reprodução social da agricultura familiar no Sertão do Araripe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v.55, n.1, p.47-64, 2017.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, London, v. 371, p. 783-785, 1994.

TIMM, P. J.; GOMES, J. C. C.; MORSELLI, T. B. Insumos para agroecologia: Pesquisa em vermicompostagem e produção de biofertilizantes líquidos. **Revista Ciência & Ambiente**, v. 29, 2004.

VAN HORN, H. H.; WILKIE, A. C.; POWERS, W. J.; NORDSTEDT, R. A. Components of dairy manure management systems. **Journal Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2008-2030, 1994.

VAN KESSEL, J. S.; REEVES, J. B. Nitrogen mineralization potential of dairy manures and its relationship to composition. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin Heidelberg, v. 36, p. 118-123, 2002.

WEINARTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S.; MEDEIROS, C. A. B. **Adubação orgânica**. Cartilha – Práticas Agroecológicas, Pelotas, RS, v.1, 2006.

WILKINSON, S. R.; LOWREY, R. W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. ed. chemistry and biochemistry of herbage. London, **Academic Press**, v. 2, p. 247-315, 1973.

XIA, H.; RIAZ, M.; ZHANG, M.; LIU, B.; EL-DESOUKI, Z.; JIANG, C. Biochar increases nitrogen use efficiency of maize by relieving aluminum toxicity and improving soil quality in acidic soil. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 196, 2020.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais**. EMBRAPA, 2021.

ZULIANI, D. Q. **Balanço geoquímico em plantações de eucalipto e caracterização de águas superficiais próximas a depósito de lixo**: Estudos de casos. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2003. 96 p.