ABC+

Manual de apoio na definição da meta de MRPA em Planos de Ação Estaduais do Plano ABC+

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA

GOVERNO DO BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

APRESENTAÇÃO

O Manual para definição da Meta de Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA) em Planos de Ação Estaduais (PAE) do Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária, com vistas ao Desenvolvimento Sustentável (Plano ABC+), foi elaborado no contexto do projeto "Integrando a Mitigação de Poluentes Climáticos de Vida Curta nas Estratégias Nacionais de Agricultura", financiado pela *Climate and Clean Air Coalition* (CCAC) e implementado por meio de parceria entre o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), o Instituto 17 e a Embrapa Suínos e Aves.

O documento apresenta os procedimentos metodológicos para a estimativa da meta de tratamento de resíduos da produção animal e das emissões evitadas para o período de 2020 a 2030, no âmbito do MRPA do Plano ABC+. Os dados aqui sistematizados contribuem para o aperfeiçoamento das estratégias de mitigação e para o refinamento do Plano ABC+, alinhando-se às diretrizes nacionais e internacionais voltadas à redução de poluentes climáticos de vida curta (PCVC) e à promoção de uma agropecuária de baixo carbono no Brasil.

Manejo de Resíduos da Produção Animal

Contexto e Tecnologias

A Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil, no âmbito do Acordo de Paris, estabelece o compromisso de reduzir entre 59% e 67% das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) até 2035, em comparação com os níveis de 2005. Essa meta reflete o reconhecimento coletivo da urgência em fortalecer a resiliência climática e seguir por um caminho de desenvolvimento baseado em uma sociedade, economia e ecossistemas de baixo carbono (Brasil, 2024). Nesse contexto, assumimos, enquanto país, o compromisso de impulsionar uma agropecuária sustentável e de baixa emissão de carbono como uma prioridade estratégica.

A importância dessa agenda se justifica pela contribuição expressiva do setor agropecuário para o perfil nacional de emissões. Em 2022, o setor foi responsável por 622 $MtCO_2eq.$, o equivalente a 30,5% das emissões totais do país, que somaram 2,039 $GtCO_2eq.$ (MCTI, 2024). Além disso, as projeções para o agronegócio brasileiro indicam crescimento contínuo da produção agropecuária na próxima década (MAPA, 2024), reforçando a necessidade de planejamento e ampliação das estratégias de manejo sustentável de resíduos, alinhado com compromissos de mitigação de mudanças climáticas.

Para avançarmos nessa transformação, contamos com o Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (Plano ABC+), reconhecido como uma das principais estratégias nacionais para mitigar emissões e adaptar o setor agropecuário às mudanças do clima. O Plano visa integrar produtividade e sustentabilidade, promovendo o uso de tecnologias que, simultaneamente, reduzam as emissões e aumentem a resiliência dos sistemas produtivos.

No ciclo atual (2020–2030), a implementação do Plano ABC+ ocorre de forma descentralizada. Aos Grupos Gestores Estaduais (GGE), cabe o papel de coordenar as ações em cada território, sob a articulação do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Atuando de forma colaborativa, reunindo instituições locais e estaduais, como secretarias, cooperativas, universidades, instituições financeiras e serviços de assistência técnica, cuja diversidade fortalece abordagens integradas, contextualizadas e sensíveis às especificidades regionais. Como parte dessa responsabilidade, os GEEs constroem os Planos de Ação Estaduais (PAEs) e definem as metas específicas para as tecnologias promovidas pelo Plano ABC+. Entre elas, destaca-se o Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA), classificado como uma das Soluções de Produção Sustentável (SPS_{ABC}).

Essa tecnologia representa uma evolução importante em relação ao Tratamento de Dejetos Animais (TDA), que integrou a fase anterior do plano (2010–2020). Enquanto o TDA se restringia ao manejo de dejetos líquidos e sólidos, o MRPA adota uma abordagem ampliada e sistêmica, considerando todos os resíduos gerados na produção animal, como fezes, urina, água de lavagem, restos de ração, materiais de cama, carcaças de animais mortos não abatidos, entre outros. No âmbito do Plano ABC+, o MRPA incorpora práticas como a biodigestão anaeróbia e a compostagem (Box 1), capazes de reduzir as emissões de metano um poluente climático de vida curta (PCVC) com alto potencial de aquecimento global e, ao mesmo tempo, transformar os resíduos em insumos, como biogás e biofertilizantes.

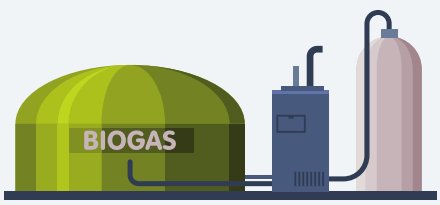
Neste contexto, os Grupos Gestores Estaduais têm papel central na entrega das metas nacionais, sendo corresponsáveis por traduzir as diretrizes nacionais em metas exequíveis, adaptadas à realidade produtiva de cada estado. Este guia foi desenvolvido para apoiar essa tarefa, com foco na tecnologia de manejo de resíduos da produção animal (MRPA), uma das soluções priorizadas pelo Plano ABC+

Box 1 - Diferenciação da rota sólida e da líquida.

Rota sólida x Rota líquida

Compostagem (Rota sólida): ideal para resíduos mais secos, como a cama de aviário ou a parte sólida dos dejetos. Com manejo adequado, também pode ser usada para a decomposição segura de carcaças de animais mortos por causas naturais. O resultado é um composto rico em nutrientes, que pode substituir adubos químicos.





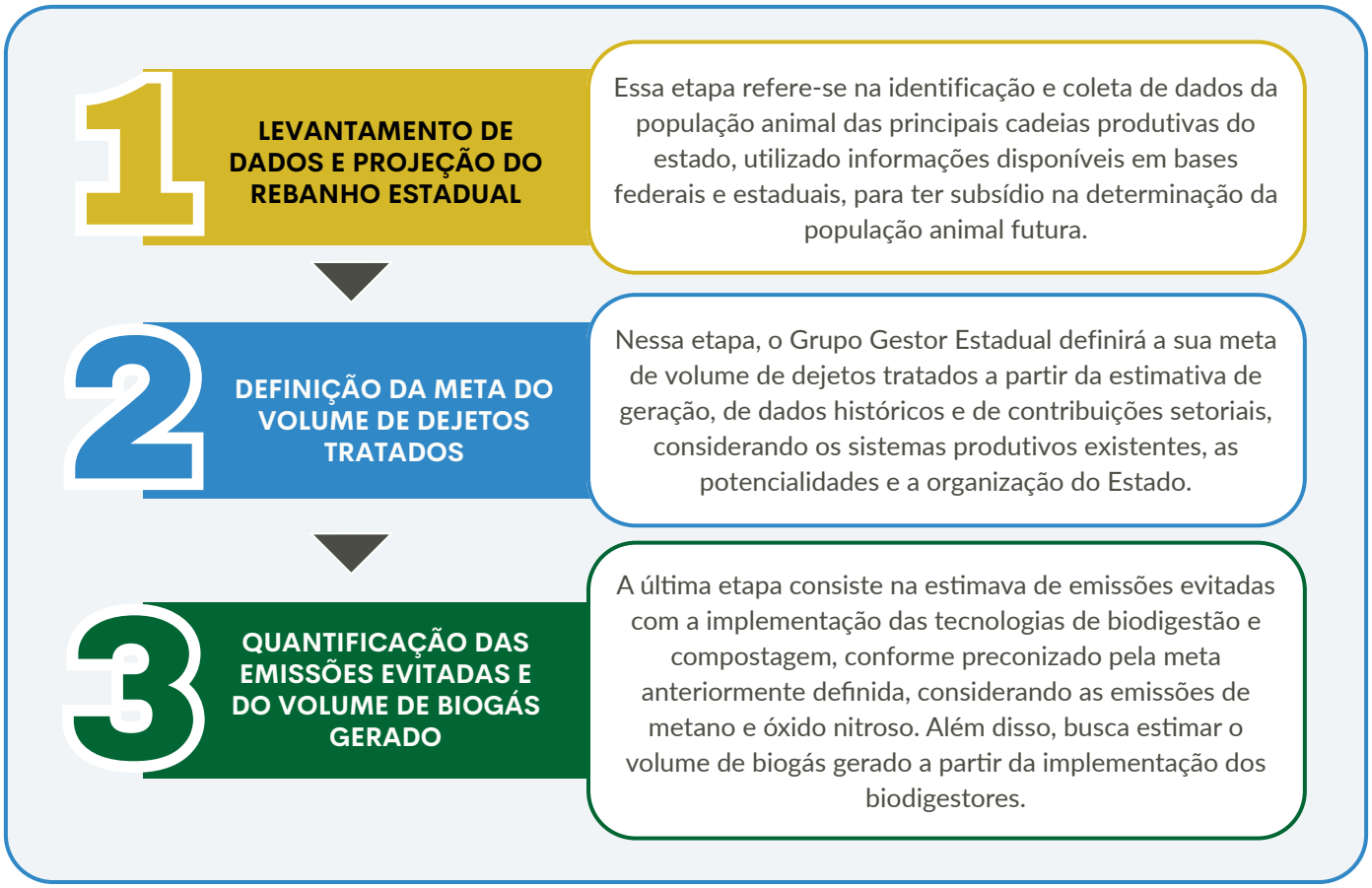
Biodigestão (Rota Líquida): indicada para resíduos mais líquidos, como os da suinocultura e bovinocultura leiteira. Além de transformar os resíduos em energia renovável (biogás) e biofertilizante, a biodigestão também pode, em alguns casos, tratar carcaças animais, desde que respeitadas as normas técnicas e de biossegurança.

Manual para Definição da Meta

Este manual tem como objetivo orientar gestores estaduais na definição de metas de tratamento de resíduos da produção animal, conforme o Plano ABC+. Ele detalha o processo desde a coleta de dados dos rebanhos até o cálculo das emissões evitadas de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), promovendo a adoção de tecnologias de baixo carbono.

O processo para definição da meta estadual de MRPA é composto por três etapas sequenciais (Box 2). Cada etapa depende do resultado da anterior, formando um encadeamento lógico de coleta de dados, cálculos e projeções. Abaixo, apresenta-se o fluxo que deve ser seguido para estimar corretamente o volume de resíduos gerados, as emissões evitadas e o potencial de produção de biogás.

Box 2 - Etapas para Definição da Meta de Manejo de Resíduos da Produção Animal no Plano de Ação Estadual.



A construção da meta para o MRPA envolve etapas técnicas que exigem informações provenientes de diferentes fontes, frequentemente distribuídas entre diversos atores do GGE. Por isso, antes de iniciar o processo, recomenda-se identificar os membros que detêm esses dados e conhecimentos, formando um subgrupo específico para discutir a meta. Entre os potenciais atores que podem apoiar essa construção estão:

Coordenação do GGE e Representante da Superintendência do Ministério da Agricultura e Pecuária
Possuem conhecimento dos diferentes integrantes do grupo, suas atividades e capacidades de articulação.

Representante da Secretaria de Meio Ambiente ou órgão licenciador
Por sua função no acesso a dados para definir a linha de corte e identificar empreendimentos pecuários de perfil industrial no estado.

Representante da Secretaria de Agricultura
Quando não for a coordenadora do GGE, por seu conhecimento sobre a realidade da pecuária no estado e acesso a dados relevantes para definição de metas.

Representantes de Cooperativas e Associações
Atuam com os principais grupos animais do estado e podem apoiar o GGE na validação de metas, monitoramento e implementação das medidas de mitigação.

Órgãos de assistência técnica e extensão rural
Conhecem a realidade dos produtores e contribuem para o ajuste da linha de corte e avaliação da viabilidade das metas, assegurando maior aderência às condições locais.

Outros órgãos e instituições
Podem ser incorporados conforme o perfil e interesse do grupo, incluindo universidades, empresas privadas, órgãos de fiscalização e atores ligados à geração de biogás.

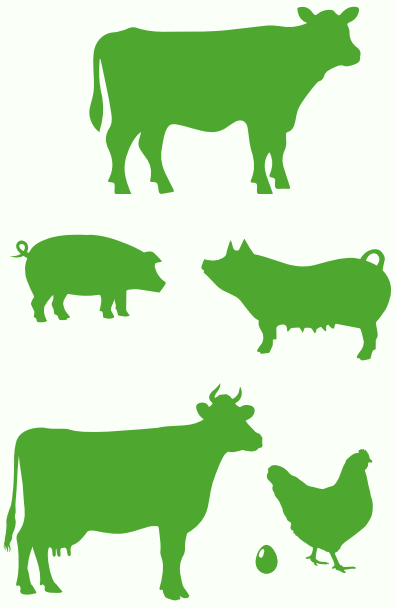
Dentro desse grupo, sugere-se a indicação de um **relator** do processo de construção da meta, que ficará incumbido em registrar o processo de tomada de decisão e, ao final, transformará tal documento na memória desse processo. Esse processo dá maior transparência ao processo de construção do plano, auxilia em atualizações e monitoramento da meta e facilita a integração de novos integrantes do GGE.
Com esse grupo constituído, recomenda-se outras duas etapas prévias, conforme apresentado no Box 3.

Box 3 - Sugestões de leitura e análise para orientar as discussões da construção da meta estadual de Manejo de Resíduos da Produção Animal.



Acesso ao **Inventário de Gases de Efeito Estufa do Estado**, caso não tenha sido publicado, sugere-se a busca por plataformas públicas para tal finalidade. Esse processo auxilia a identificar as principais fontes de emissão por Estado e ajuda na tomada de decisão para a construção da meta e direcionamento de esforços para implementação.

Caso os integrantes do grupos queiram entender o potencial que o Estado possui com a implementação das tecnologias de biodigestão, sugere-se a análise dos materiais que tratam sobre o tema e foram desenvolvidos no âmbito do projeto "Integrando a Mitigação de Poluentes Climáticos de Vida Curta nas Estratégias Nacionais de Agricultura".



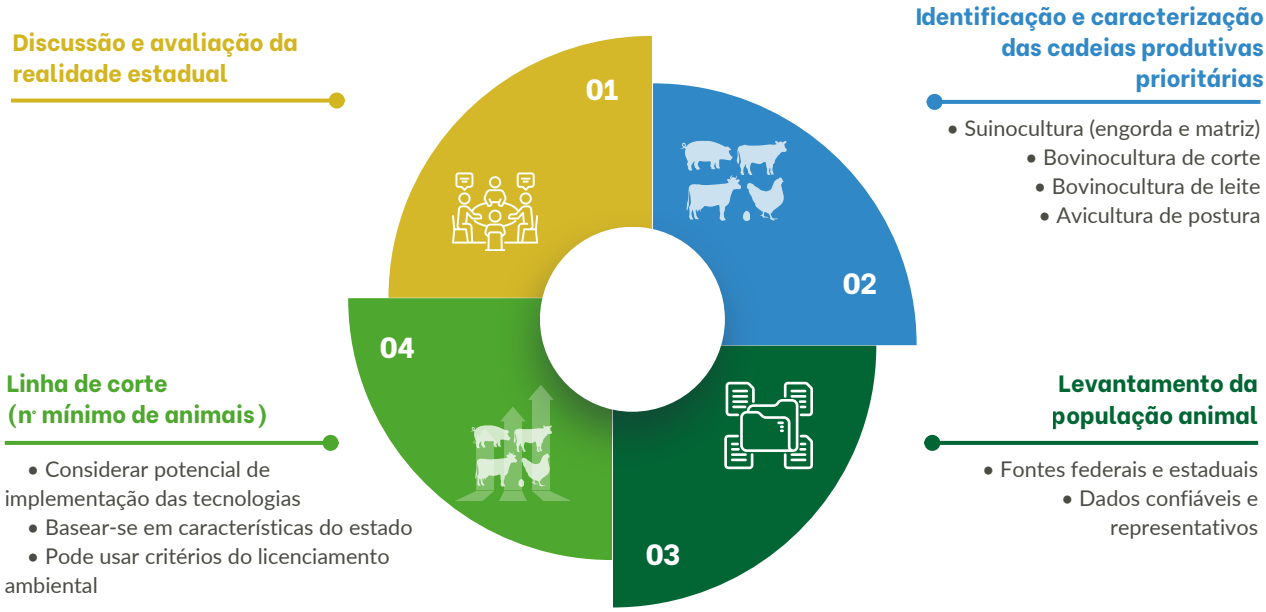
Os materiais encontram-se disponíveis no site do Instituto 17[1], apresentam a distribuição do potencial para geração de biogás por estado, além de distribuição do potencial por categoria animal e um panorama de produção real e do potencial teórico.

[1] https://www.i17.org/pt-br

Dessa forma, casa GGE poderá cumprir com as etapas citadas no Box 2, que foram divididas em 10 passos, esses guiam o trabalho dos grupos na definição da meta estadual de MRPA.

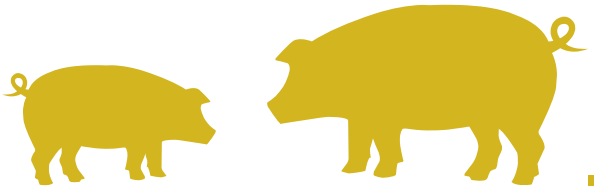
1º Levantamento de dados por rebanho Animal

Em linhas gerais, o processo de construção da meta envolve discussões e avaliações da realidade estadual, com a aplicação de metodologias que fundamentam as decisões e permitem a obtenção dos dados que a irão compor. Compreendido na primeira etapa, o primeiro passo contempla as atividades principais:



Ao levantar dados do rebanho animal, o GGE deve avaliar a adoção de uma **linha de corte,** ou seja, o número mínimo de animais por propriedade a ser considerado na definição da meta. Essa decisão deve refletir o potencial de adoção de tecnologias no território, com base nas características específicas do Estado e nas informações disponíveis para monitoramento. **Linhas de corte** utilizadas no licenciamento ambiental podem ser uma referência. A seguir, são apresentadas sugestões de **linhas de corte** e fontes de dados para as principais cadeias produtivas:

Suínos (Engorda e Matrizes)



Linha de corte

Sugere-se: *estabelecimentos com **mais de 500 suínos em engorda.***

Fontes sugeridas

- **Censo Agropecuário (última edição disponível)**

  Para consultar o número de estabelecimentos agropecuários com suínos:

  1. Acesse o site do IBGE: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/
  2. No menu, selecione última edição disponível do Censo Agropecuário.
  3. Procure pela tabela que detalha o *"Número de estabelecimentos agropecuários com suínos, Efetivos e Venda, por tipologia, condição do produtor em relação às terras e grupo de cabeças de suínos"*.

- **Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) – Tabela 3939**

  Efetivo dos rebanhos (Cabeças).

  ☞ Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3939

- **Relatório Anual ABPA – Suínos**

  Dados de produção, efetivo e abates no setor suinícola.

  ☞ Disponível em: https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/

- **Central de Inteligência de Aves e Suínos – Embrapa (CIAS)**

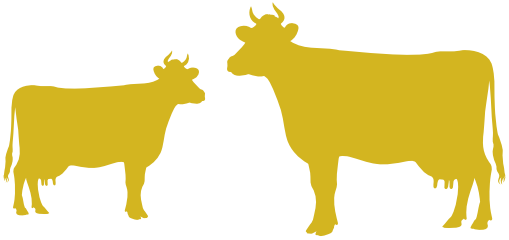
  Dados técnicos, produtivos e estatísticas do setor de suínos.

  ☞ Disponível em: https://www.embrapa.br/en/suinos-e-aves/cias

Atenção!

As diferentes referências podem apresentar os dados de suínos com base na **capacidade de alojamento** ou no **número total de animais** ao longo do ano, a diferença está descrita no Box 5 no 3º passo.

Bovinos de Leite



Linha de corte

Sugere-se: estabelecimentos com ***mais de 201 vacas ordenhadas e produtividade superior a 2000 litros/animal/ano.***

Fontes sugeridas

- **Censo Agropecuário (última edição disponível)**

  Para consultar o número de estabelecimentos agropecuários com vacas ordenhadas:

  1. Acesse o site do IBGE: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/
  2. No menu, selecione última edição disponível do Censo Agropecuário.
  3. Procure pela tabela que detalha o "*Número de estabelecimentos agropecuários que produziram leite de vaca, Vacas ordenhadas nos estabelecimentos agropecuários, Quantidade produzida de leite de vaca, Valor da produção de leite de vaca, Número de estabelecimentos agropecuários que venderam leite de vaca cru, Quantidade vendida de leite de vaca cru e Valor da venda de leite de vaca cru, por tipologia, condição do produtor em relação às terras e grupos de cabeças de bovinos*".

- **Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) – Tabela 94**

  Efetivo de vacas ordenhadas.

  ☞ Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/94

- **Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) – Tabela 74**

  Produção de origem animal, incluindo produção de leite, por tipo de produto.

  ☞ Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74

Bovinos de Corte



Linha de corte

Sugere-se: Estabelecimentos com ***mais de 1600 animais em confinamento.***

Fontes sugeridas

Censo Agropecuário (última edição disponível)

Para consultar o número de estabelecimentos agropecuários com bovinos:

1. Acesse o site do IBGE: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/
2. No menu, selecione última edição disponível do Censo Agropecuário.
3. Procure pela tabela que detalha o *"Número de estabelecimentos agropecuários com bovinos, Efetivos e Venda, por tipologia, condição do produtor em relação às terras, grupos de cabeças de bovinos e grupos de atividade econômica"*.

- **Pesquisa Trimestral de Abate – Tabela 1092**

  Número de informantes, quantidade e peso total das carcaças dos bovinos abatidos, no mês e no trimestre, por tipo de rebanho e tipo de inspeção.

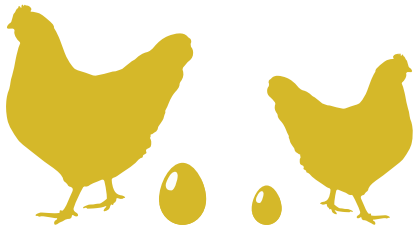
  ☞ Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1092

- **Censo de Confinamento – DSM-FIRMENICH (2024)**

  Dados específicos sobre o confinamento de bovinos no Brasil.

  ☞ Disponível em: https://www.dsm-firmenich.com/content/dsm/tortuga/pt_BR/homeblog/censo-confinamento-brasil-2024.html

Avicultura de Postura



Linha de corte

Sugere-se: Estabelecimentos com ***mais de 10.000 aves confinadas.***

Fontes sugeridas

- **Censo Agropecuário (última edição disponível)**
  Para consultar o número de estabelecimentos agropecuários com produção de ovos:
  1. Acesse o site do IBGE: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/
  2. No menu, selecione última edição disponível do Censo Agropecuário.
  3. Procure pela tabela que detalha o *"Número de estabelecimentos agropecuários com galinhas, galos, frangos, frangas e pintos, Efetivos, Venda, Produção de ovos e Venda de ovos, por tipologia, grupos de cabeças e grupos de área total"* [1].

- **Produção de Ovos de Galinha (POG) – Tabela 7524**
  Número de informantes, número de galinhas poedeiras e quantidade de ovos produzidos, no mês e no trimestre.
  ☞ Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/7524

- **Relatório Anual ABPA – Aves de Postura**
  Dados de produção, efetivo e comercialização do setor avícola.
  ☞ Disponível em: https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/

- **Central de Inteligência de Aves e Suínos – Embrapa (CIAS)**
  Dados técnicos, produtivos e estatísticas do setor avícola.
  ☞ Disponível em: https://www.embrapa.br/en/suinos-e-aves/cias

FONTE COMPLEMENTAR DE DADOS

Para todas as cadeias produtivas, os dados do Serviço de Defesa Sanitária Animal podem complementar a etapa de levantamento de dados, uma vez que contemplam os cadastros de propriedades e rebanhos. Entretanto, sua consulta varia entre os estados, devido aos diferentes sistemas adotados por cada órgão.

[1] Estimativa da quantidade de aves com base na produção de ovos, considerando uma média de 0,9 ovo por ave por dia (Avila et al., 2017).

2º Projeção da População Animal

Ainda como parte da primeira etapa, o segundo passo serve para estimar a população animal futura. O GGE poderá utilizar a **equação aritmética** de projeção linear baseada em séries históricas a população animal de dois anos (P_0 e P_2), optando pelos dados mais recentes, conforme detalhado na seguinte equação:

$$P_t = P_0 + \left(\frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}\right) \times (t_f - t_0)$$

Onde P_t é a população estimada para o ano t_f, P_0 é a população inicial, P_2 é a população em um ano subsequente, e t_0 e t_2 são os anos de referência correspondentes a P_0 e P_2, respectivamente. Esse modelo considera uma variação linear, sem levar em conta fatores como sazonalidade ou políticas públicas, mas pode ser complementado por métodos estatísticos mais complexos para maior precisão.

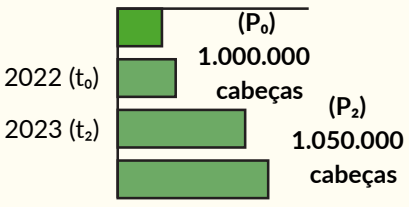
Projeção alternativa

Como alternativa simplificada, pode-se aplicar as **variações percentuais médias** observadas nas estatísticas populacionais para estimar a tendência futura. Essa abordagem é útil quando se busca uma solução mais prática e direta, permitindo calcular a evolução populacional ao longo do tempo com base em dados agregados.

Box 4 - Exemplo de aplicação da equação de projeção da população animal

Objetivo: ilustrar o procedimento de estimativa da população animal futura a partir de dados históricos recentes.

Dados históricos



Dados observados de população em dois anos consecutivos

Deseja-se estimar a população animal para o ano de 2026 (t_f).

Aplica-se a equação de projeção linear:

$$P_{2026} = 1.000.000 + \left(\frac{1.050.000 - 1.000.000}{2023 - 2022}\right) \times (2026 - 2022)$$

$$P_{2026} = 1.000.000 + (50.000 \times 4)$$

$$P_{2026} = 1.200.000 \text{ cabeças}$$

Resultado: a população animal estimada para o ano de 2026 é de 1.200.000 cabeças alojadas.

3º Estimativa do volume de resíduos

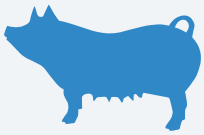
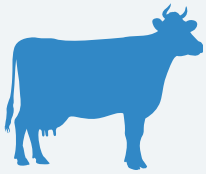
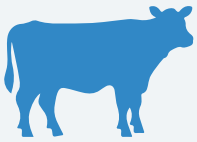
A segunda etapa inicia-se com a estimativa do volume de resíduos gerados, que deve ser obtida com base na população animal projetada para cada categoria e que esteja acima da linha de corte. Utilizando a seguinte fórmula:

População animal projetada[1]
× Volume de dejetos gerados (m^3/animal/ano)

[1] A população utilizada para obtenção do volume de dejetos gerados deve ser aquela que esteja acima da linha de corte estabelecida anteriormente, conforme o entendimento do GGE.

Os dados de população foram obtidos anteriormente, adota-se o volume de dejetos gerados conforme apresentado a seguir:

Box 5 - Volume de dejetos anualmente gerados por categoria animal.

Suínos engorda[1]	Suínos matrizes	Bovinos de leite	Bovinos de corte	Aves de postura
				
1,378 m^3/animal/ano	**4,161 m^3/animal/ano**	**15,14 m^3/animal/ano**	**8,76 m^3/animal/ano**	**0,0438 m^3/animal/ano**

NICOLOSO et al. (2023); CAMPOS et al. (2003); Plano ABC (MEDEIROS; SAMPAIO; SOTTA, 2019); KUNZ e OLIVEIRA (2006); RIBEIRO et al. (2018).

[1] Trata-se do fator de geração em relação a capacidade de alojamento, ou seja, 2,48 ciclos anuais. Para população total o fator é de 0,529m^3/animal/ano.

Box 6 - Exemplo de estimativa do volume anual de resíduos

Objetivo: exemplificar o cálculo do volume anual de dejetos gerados com base na população animal projetada.

Considerando a população animal estimada na etapa anterior (Projeção da População Animal)

População projetada de suínos de engorda em 2026: **1.200.000 animais**

Volume anual de dejetos= População projetada × Volume de dejetos gerados
Volume anual= 1.200.000×1,378
Volume anual=1.653.600 m^3/ano

Resultado: estima-se que a população projetada de suínos de engorda gere aproximadamente 1,65 milhão de m^3 de dejetos por ano

4º Projeção do volume tratado

Ainda na segunda etapa, esse passo refere-se a construção efetiva da Meta que irá compor o PAE. Nesse momento, o GGE deverá definir o volume de dejetos tratados por biodigestão e compostagem, a partir de diferentes abordagens, dependendo da disponibilidade e qualidade dos dados, bem como dos objetivos específicos do Estado.
Sugere-se que sejam avaliadas as seguintes abordagens:

1 Histórico Regional e Setorial

A presente abordagem considera a realidade dos Estados, a partir da análise da evolução de cadeias pecuárias específicas (suínos, bovinos de leite, etc.) e a tendência dos sistemas de tratamento já existentes, utilizando dados oficiais e estudos setoriais (como dados do último ciclo do Plano ABC, ou inventário nacional). Por exemplo, se há dados históricos que demonstram a evolução do volume de dejetos tratados por biodigestão, o Estado poderá projetar a sua meta utilizando métodos estatísticas mais ajustadas até o final do período de vigência do PAE.

2 Evolução por Cadeia Específica

Projetar com base no crescimento esperado de um plantel ou produção específica, considerando taxas de geração de dejetos e adoção de tecnologias de tratamento. Por exemplo, o Estado possui dados mais robustos da cadeia de bovinos de leite, devido à organização do setor e sua representatividade na economia do Estado, a projeção da meta poderá considerar a evolução da população e o histórico de implementação dos sistemas de tratamento apenas nessa cadeia específica.

3 Metas Proporcionais

Esta abordagem utiliza a participação do estado na produção animal nacional como base para definir a proporção do volume da meta de tratamento de dejetos. Por exemplo, se um estado contribui com 10% da produção nacional de suínos, ele pode estabelecer uma meta equivalente de tratamento de dejetos com essa mesma proporção, em comparação com a meta nacional.

4 Taxa de Crescimento Nacional

Caso o estado possua o volume de dejetos tratados em algum ano, poderá usar a taxa média nacional de crescimento do volume tratado (4,97% anual, conforme Plano ABC), como referência, ajustando-a à realidade local. Essa alternativa pode ser aplicada quando o grupo entender que não há dados suficientes para alguma das alternativas anteriores.

Sugere-se que cada estado avalie a adoção da abordagem que mais se adeque a suas realidades e limitações. Dessa forma, é esperado que o GGE consiga visualizar o acréscimo, anual e total, de dejetos tratados pelas tecnologias de tratamento preconizadas pelo Plano ABC+, deverão distinguir o volume destinado para biodigestão ou compostagem, e por categoria animal.

Reforça-se a importância do registro do processo de tomada de decisão e seus resultados, para que esses possam ser validados e revisados com o GGE e com representantes do setor produtivo, para avaliar a viabilidade e efetuar eventuais ajustes, que deverão ser devidamente registrados.

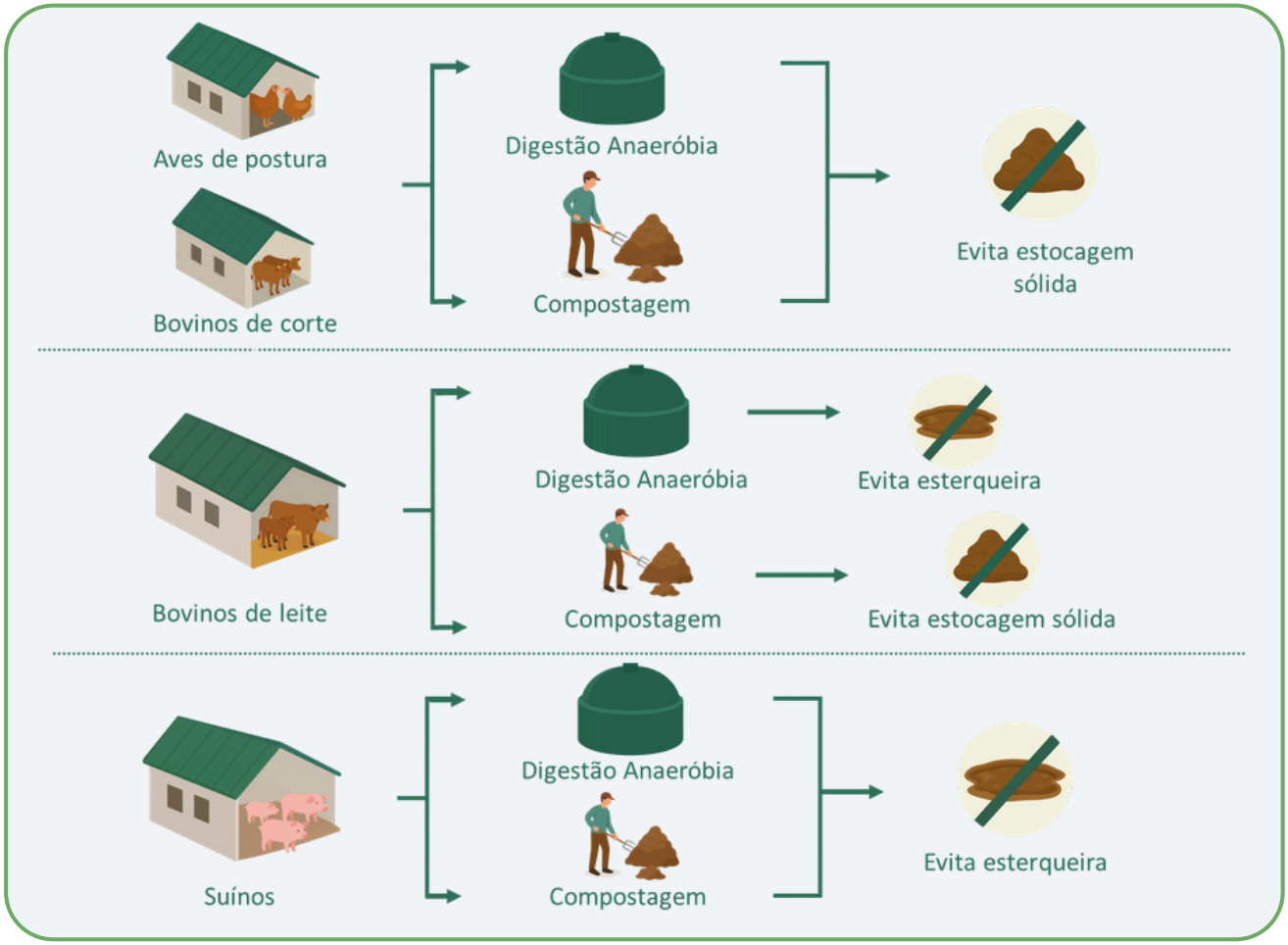
A segregação do quantitativo de dejetos manejados por tipo de tratamento e categoria animal é fundamental para o desenvolvimento das etapas seguintes e estimativa das emissões evitadas com a implementação das tecnologias. Além de auxiliar na adaptação da metodologia a realidade do Estado.

5º Definição de cenários

Na terceira etapa, com a quantificação do volume de resíduos realizada, o GGE poderá quantificar as emissões evitadas com adoção das tecnologias de tratamento.

Inicialmente, recomenda-se que o grupo faça as equivalência entre tecnologias considerando a distinção entre cenários, para estimar as emissões evitadas com a implementação das tecnologias. O primeiro cenário, denominado como "cenário evitado", é aquele mais usual para referida categoria animal. O segundo cenário, definido como "AWMS tratamento", refere-se à implementação das tecnologias de tratamento preconizadas pelo Plano ABC+, biodigestão e compostagem. Assim:

Box 7 - Alternativas de tratamento de resíduos por categoria animal e respectivos cenários evitados com a adoção de tecnologias do Plano ABC+.



6º Estimativa das emissões de metano

A estimativa das emissões de metano (CH_4) provenientes do manejo de dejetos deve ser realizada utilizando a abordagem *Tier 2*, conforme as orientações do Capítulo 10 ("*Emissions from Livestock and Manure Management*") do Volume 4 das diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2019). Essa metodologia considera características específicas dos sistemas produtivos nacionais e permite maior precisão nos cálculos. Para a execução dos cálculos do Passo 6, devem ser utilizados os parâmetros descritos nas Tabelas 1, 2 e 3, conforme apresentados na seção 'Informações e Parâmetros'.

Deverá ser aplicada para os dois cenários, evitado e AWMS tratamento. Utilizando a equação a seguir para estimar a emissão total de CH_4 associada ao manejo de dejetos:

$$\text{Emissão de } CH_4(T,J) = \sum_{(T,S,J)} \frac{\left(\left(SV_{(T)} \cdot TC_{ano}\right) \cdot \left[B_{0(T)} \cdot 0{,}67 \cdot \frac{MCF_{S,K}}{100} \cdot AWMS_{(T,S,K)}\right]\right) \times (N(T))}{10^6}$$

Onde:

Emissão de CH_4 (T,J) = Emissão de metano no cenário J para a população de animais definida (T) (Gg CH_4);

SV (T) = Sólido Volátil diário excretado para animais da categoria T (kg/MS/animal/dia) (Tabela 1);

TCano = Tempo de confinamento dos animais (T)(dias/ano) (Tabela 1);

B_0 (T) = Capacidade máxima de produção de metano para esterco produzido pela categoria animal (T), $m^3/CH_4/kg$ de SV excretada (Tabela 1);

0,67 = Fator de conversão de m^3 CH_4 para kg de CH_4;

MCFs,k = Fatores de conversão de metano para cada sistema de manejo de dejeto S por região climática K (%) (Tabela 2 e Tabela 3);

AWMS (T, S, k) = Fração de esterco da categoria de animais T manejados com sistema de manejo de dejetos S na região climática K (%);

N(T) = número de animais (população de animais definida (T)) (cabeça/ano).

Os resultados desse passo deverão ser cuidadosamente revisados com o GGE e registrados na memória de cálculo.

Box 8 - Exemplo de estimativa das emissões de metano

Objetivo: ilustrar o procedimento de estimativa das emissões de metano da população animal

1 Escolha a categoria animal e recupere os parâmetros da Tabela 1 em anexo

Parâmetros para Suínos em engorda

SV = 0,25 kg SV por animal por dia
TAM = 66,71 kg por animal
TCon = 347,2 dias por ano
B_0 = 0,48 B_0 m^3_{CH4}/ kg_{SV}
N(T) = população projetada para o ano de referência (Etapa 2)

2 Defina a zona climática (Tabela 2) e selecione o MCF correspondente (Tabelas 3)

- Identifique a zona climática do estado conforme a Tabela 2
- Para cada sistema de manejo de dejetos selecionado, aplique o MCF correspondente à zona climática e ao sistema de manejo dos dejetos (Tabela 3).

Exemplo para estado com temperatura média de 25°C e precipitação anual de 1028 mm = Clima Quente Tropical úmido

Clima Quente Tropical úmido

Sistema de manejo	AWMS	MCF
Compostagem	2%	1,5%
Digestão anaeróbia	50%	9,59%
Esterqueira	48%	64%

Observação importante: as porcentagens de AWMS devem ser as do estado. Se houver apenas uma fonte parcial, registrar na memória de cálculo a premissa e a origem.

3 Defina a distribuição dos sistemas de manejo de dejetos no estado (AWMS)

A parcela de dejetos destinada a cada sistema de manejo deve ser informada como percentual e o somatório precisa fechar 100% para a categoria animal.

4 Calcular a emissão de metano para cada categoria animal

Aplicar a equação da emissão de CH_4

$$\text{Emissão de } CH_4(T,J) = \sum_{(T,S,J)} \frac{\left[(SV_T \cdot TCon) \cdot B_{0,T} \cdot 0{,}67 \cdot \left(\frac{MCF_{S,K}}{100}\right) \cdot AWMS_{T,S,K}\right] \cdot N_T}{10^6}$$

$$\text{Emissão de } CH_{4\ (\text{manejo dejetos suínos em engorda})} = \frac{\left[(0{,}25 \times 347{,}2) \times \begin{pmatrix} [0{,}48 \times 0{,}67 \times \left(\frac{1{,}5}{100}\right) \times 0{,}02] \\ +[0{,}48 \times 0{,}67 \times \left(\frac{9{,}59}{100}\right) \times 0{,}50] \\ +[0{,}48 \times 0{,}67 \times \left(\frac{64}{100}\right) \times 0{,}48] \end{pmatrix} \times 1.200.000\right]}{10^6}$$

$$\text{Emissão de } CH_{4\ (\text{manejo dejetos suínos em engorda})} = \frac{[(0,25 \times 347,2) \times 0,11430672 \times 1.200.000]}{10^6}$$

$$\text{Emissão de } CH_{4\ (\text{manejo dejetos suínos em engorda})} = \frac{11.906.183,6352}{10^6} = \boxed{11,9062 \text{ Gg } CH_4/\text{ano}}$$

Resultado: estima-se que a emissão projetada para o ano em estudo no manejo dos dejetos de suínos de engorda gera aproximadamente 11.907 toneladas de CH_4 equivalentes a 11,9 Gg_{CH4}

7º Estimativa das emissões de óxido nitroso

A estimativa das emissões de óxido nitroso (N_2O) provenientes do manejo de dejetos deve ser realizada utilizando a equação proposta pelo IPCC, considerando os parâmetros específicos de cada sistema de tratamento. A metodologia se baseia na abordagem *Tier 2*, permitindo maior precisão na avaliação das emissões para diferentes categorias animais e regiões. Para a execução dos cálculos do Passo 7, devem ser utilizados os parâmetros descritos nas Tabelas 1 e 4, conforme apresentados na seção 'Informações e Parâmetros'.

Assim como na quantificação das emissões de metano, devem ser calculadas as emissões de óxido nitroso para os dois cenários, evitado e AWMS tratamento. A equação utilizada é a seguinte:

$$\text{Emissão de } N_2O(T,J) = \sum(T,S,J)\left(\frac{EF_{N2O(S,J)} \times N_{ex\,(T)} \times TAM_{(T)} \times TC_{ano} \times AWMS_{(T,S,K)} \times (N(T))}{10^6}\right) x \frac{44}{28}$$

Onde:

Emissão de N_2O (T,J) = Emissão de óxido nitroso no cenário J para a população de animais definida (T) (Gg N_2O);

EF_{N_2O}(T,S) = Fator de emissão para o sistema de tratamento (S) que compõem o cenário (J) (kg N-N_2O/kg N) (Tabela 4);

Nex(T) = excreção média anual de N por cabeça da espécie/categoria T no país (kg N/ kg de massa animal /ano) (Tabela 1);

TCano = Tempo de confinamento dos animais (T) (dias/ano) (Tabela 1);

TAM(T) = massa animal típica para a categoria de animais T (kg/animal) (Tabela 1);

AWMS(T, S, k) = Fração de esterco da categoria de animais T manejados com sistema de manejo de dejetos S na região climática K (%);

N(T) = número de animais (população de animais definida (T)) (cabeça/ano);

44/28 = conversão das emissões de N-N_2O(mm) em emissões de N_2O (mm).

⚠ Os resultados desse passo deverão ser cuidadosamente revisados com o GGE e registrados na memória de cálculo.

Box 9 - Exemplo de estimativa das emissões de óxido nitroso

Objetivo: ilustrar o procedimento de estimativa das emissões de óxido nitroso da população animal

1 Escolha a categoria animal e recupere os parâmetros da Tabela 1 em anexo

Parâmetros para Suínos em engorda

TAM = 66,71 kg por animal
TCon = 347,2 dias por ano
Nex = 0,73 kg $_N$/1000 kg de massa corporal por dia
N(T) = população projetada para o ano de referência (Etapa 2)

2 Defina o fator de emissão de óxido nitroso (EF_{N2O}) correspondente ao manejo dos dejetos (Tabela 4)

- Para cada sistema de manejo de dejetos selecionado encontre o fator de emissão de óxido nitroso (EF_{N2O}) correspondente (Tabela 4).

Exemplo para Suínos em engorda

Sistema de manejo	AWMS	EF_{N2O} (kg $_{N\text{-}N2O}$ / kg $_{Nex}$)
Compostagem	2%	0,005
Digestão anaeróbia	50%	0,0006
Esterqueira	48%	0,005

Observação importante: as porcentagens de AWMS devem ser as do estado. Se houver apenas uma fonte parcial, registrar na memória de cálculo a premissa e a origem.

3 Defina a distribuição dos sistemas de manejo de dejetos no estado (AWMS)

A parcela de dejetos destinada a cada sistema de manejo deve ser informada como percentual e o somatório precisa fechar 100% para a categoria animal.

4 Calcular a emissão de óxido nitroso para cada categoria animal

Aplicar a equação da emissão de N_2O:

$$\text{Emissão de } N_2O(T,J) = \sum(T,S,J)\left(\frac{EF_{N2O(S,J)} \times N_{ex\,(T)} \times TAM_{(T)} \times TC_{ano} \times AWMS_{(T,S,K)} \times (N(T))}{10^6}\right) x \frac{44}{28}$$

$$\text{Emissão de } N_2O = \frac{[((0{,}005 \times 0{,}02) + (0{,}0006 \times 0{,}5) + (0{,}005 \times 0{,}48)) \times (\frac{66{,}71}{1000}) \times 0{,}73 \times 347{,}2 \times 1.200.000]}{10^6} \times \frac{44}{28}$$

$$\text{Emissão de } N_2O = \frac{[0{,}0028 \times (\frac{66{,}71}{1000}) \times 0{,}73 \times 347{,}2 \times 1.200.000]}{10^6} \times \frac{44}{28}$$

$$\text{Emissão de } N_2O = \frac{56.811{,}028}{10^6} \times \frac{44}{28}$$

$$\boxed{\text{Emissão de } N_2O = 0{,}089217 \text{ Gg } N_2O/\text{ano}}$$

Resultado: estima-se que a emissão projetada para o ano em estudo no manejo dos dejetos de suínos de engorda gere aproximadamente 89,27 toneladas de N_2O equivalentes a 0,089 Gg_{N2O}

8º Conversão das emissões em CO_2

As emissões de CH_4 e N_2O, estimadas para cada cenário, devem ser convertidas em termos de potencial de aquecimento global (GWP). Essa conversão permite expressar os resultados como equivalentes de dióxido de carbono (CO_2eq), facilitando a comparação entre diferentes gases de efeito estufa. A conversão é feita aplicando os fatores de GWP definidos pelo IPCC, conforme a atualização do AR6 (2021), que estabelece os seguintes valores: 27 kg CO_2eq por kg de CH_4 de fonte não fóssil e 273 kg CO_2eq por kg de N_2O. A equação a ser utilizada é:

$$\text{Emissão de } CO_{2eq\,(T,J)} = \sum (T,S,J)\,(\text{Emissão de } CH_4(T,J) \times GWP_{CH4}) + (\text{Emissão de } N_2O(T,J) \times GWP_{N2O})$$

Onde:

Emissão de CO_2eq (T,J) = Emissões de carbono equivalente para cada cenário J de cada categoria animal T (kg CO_2eq);

Emissão de CH_4 (T,J) = Emissão de metano no cenário J para a população de animais definida (T) (kg CH_4);

GWP_{CH4} = Potencial de aquecimento Global do metano em equivalente de dióxido de carbono (27 Kg CO_2 eq);

Emissão de N_2O(T,J) = Emissão de óxido nitroso no cenário J para a população de animais definida (T) (kg N_2O);

GWP_{N2O} = Potencial de aquecimento Global do metano em equivalente de dióxido de carbono (273 Kg CO_2 eq).

Essa equação resulta nas emissões totais do cenário, em kg CO_2eq, que poderão ser convertidos para outras unidades de medidas.

Box 10 - Exemplo da Conversão das emissões em CO_2 eq.

Objetivo: exemplificar o cálculo da Conversão das emissões de metano e óxido nitroso em CO_2 eq.

Considerando as emissões estimadas nas etapas anteriores (Etapa 6 e 7)

Emissões de metano para 2026: **11,9 Gg_{CH4}**
Emissões de óxido nitroso para 2026: **0,089 Gg_{N2O}**

Emissão de CO_2eq = Emissão de CH_4 x GWP_{CH4} + Emissão de N_2O x GWP_{N2O}
Emissão de CO_2eq = (11,9 Gg_{CH4} x 27) + (0,089 Gg_{N2O} x 273)
Emissão de CO_2eq = 321,48+ 24,37 = 345,86 Gg CO_2eq

Resultado: estima-se que a emissão projetada para o ano em estudo no manejo dos dejetos de suínos de engorda gere aproximadamente 345.856 toneladas de CO_2eq

9º Emissões evitadas

Com os resultados as emissões totais poderão ser comparados os cenários definidos anteriormente, obtendo as emissões evitadas com a implementação das tecnologias de tratamento. Para tal finalidade, deve ser aplicada a seguinte equação:

$$\text{Emissões}_{\text{evitadas (T)}} = \text{Emissão}_{\text{cenário evitado (T)}} - \text{Emissão}_{\text{AWMStratamento (T)}}$$

Onde:

Emissão$_{\text{evitadas (T)}}$ = Emissões de carbono equivalente evitadas de cada categoria animal T (kg CO_2eq);

Emissão$_{\text{cenário evitado (T)}}$ = Emissões de carbono equivalente do cenário evitado de cada categoria animal T (kg CO_2eq);

Emissão$_{\text{AWMStratamento (T)}}$ = Emissões de carbono equivalente do cenário $AWMS_{tratamento}$ de cada categoria animal T (kg CO_2eq);

Os dados e resultados desse passo deverão ser cuidadosamente revisados com o GGE e registrados na memória de cálculo.

Box 11 - Exemplo da estimativa das emissões evitadas

Objetivo: exemplificar o cálculo da estimativa das emissões evitadas pela compostagem e digestão anaeróbia

1 Estimar emissões do cenário evitado para cada categoria animal

- Seguindo o exemplo de suínos em crescimento do cenário de referência considera que 100% (AWMS) dos dejetos são manejados em esterqueiras.
- Estimasse CH_4 e N_2O conforme etapa 6 e 7

2 Estimar emissões do cenário de tratamento para cada categoria animal

- As emissões foram estimadas nas etapas anteriores (Etapa 6 e 7)

Emissões de metano para 2026: 11,9 Gg_{CH4}
Emissões de óxido nitroso para 2026: 0,089 Gg_{N2O}

3 Estimar emissões evitadas para cada categoria animal

Emissões do cenário evitado

Equação da emissão de CH_4 (considerando 100% esterqueira, MCF = 64%)

$$\text{Emissão de } CH_4 = \frac{[(0{,}25 \times 347{,}2) \times (0{,}48 \times 0{,}67 \times (\frac{64}{100}) \times 1) \times 1.200.000]}{10^6}$$

$$\boxed{\text{Emissão de } CH_4 = 21{,}44 \text{ Gg } CH_4/\text{ano} = 578{,}88 \text{ Gg } CO_2\text{eq/ano}}$$

Equação da emissão de N_2O (considerando 100% esterqueira, EF_{N2O} = 0,005 kg $_{N\text{-}N2O}$ /kg $_{Nex}$

$$\text{Emissão de } N_2O = \frac{[(0{,}005 \times 1) \times (\frac{66{,}71}{1000}) \times 0{,}73 \times 347{,}2 \times 1.200.000] \times \frac{44}{28}}{10^6}$$

$$\boxed{\text{Emissão de } N_2O = 0{,}1594 \text{ Gg } N_2O/\text{ano} = 43{,}52 \text{ Gg } CO_2\text{eq/ano}}$$

Emissões cenário evitado = 578,88 Gg CO2eq + 43,52 Gg CO2eq
Emissões cenário evitado =622,40 Gg CO2eq

Emissão Evitadas = Emissão cenário evitado - Emissões cenário de tratamento
Emissão Evitadas = (622,36 Gg CO_2eq) - (345,86 Gg CO_2eq)
Emissão evitadas = 276,51 Gg CO_2eq

Resultado: estima-se que a emissão evitada projetada para o ano em estudo no manejo dos dejetos de suínos de engorda evite aproximadamente 276.508 toneladas de CO_2 eq

10º Produção de biogás

O volume de biogás produzido por meio da digestão anaeróbia deve ser expresso em metros cúbicos de biogás por metro cúbico de dejeto, com base nos valores médios de produção de dejetos por categoria animal. Esses valores foram determinados no 3º e no 4º passo. A partir dessas informações, estabelece-se uma relação entre o volume total de dejetos e o potencial de produção de biogás, que deve ser multiplicado pela fração de resíduos efetivamente manejados por sistemas de digestão anaeróbia, considerando a categoria animal e a realidade de cada Estado.

Para realizar esse cálculo, devem ser aplicados os fatores específicos de geração de biogás (FGB), o volume de dejetos gerado (VD) e a fração de manejo por digestão anaeróbia (AWMS). O volume total anual de biogás é obtido somando-se os resultados de todas as categorias animais aplicadas à seguinte equação:

$$Volume\ de\ biogás = \sum VD_{(T)}\ x\ FGB_{(T)}\ x\ AWMS_{(T,bio,K)}$$

Onde:

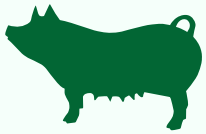
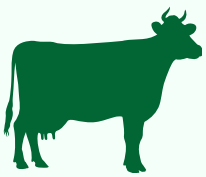
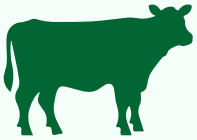
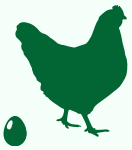
Volume de biogás = quantidade de biogás produzido no ano (m^3/ano);

VD ($_T$) = volume de dejetos gerado para população de animais definida da categoria (T) (m^3/ano);

FGB ($_T$) = Fator de geração de biogás para população de animais definida da categoria (T) (m^3/ano);

AWMS ($_{T, bio, K}$) = Fração de dejeto da categoria de animais T manejados com sistema de digestão anaeróbia na região climática K (%).

Box 12 - Fator de geração de biogás (FGB).

Suínos engorda	Suínos matrizes	Bovinos de leite	Bovinos de corte	Aves de postura
				
26,4 m^3 biogás/ m^3 dejeto	**12,36 m^3 biogás/ m^3 dejeto**	**17,44 m^3 biogás/ m^3 dejeto**	**23,27 m^3 biogás/ m^3 dejeto**	**116,67 m^3 biogás/ m^3 dejeto**

Box 13 - Exemplo da estimativa do potencial de produção de biogás

Objetivo: exemplificar o cálculo da estimativa do potencial de produção de biogás pela digestão anaeróbia

Escolha a categoria animal e recupere os parâmetros do Box 12 e das etapas anteriores

Seguindo o exemplo para Suínos em engorda:

Volume de biogás = FGB x VD x AWMS

Volume de biogás = 26,4 m^3 biogás/m^3 dejeto x 1.653.600 m^3/ano x 0,5

Volume de biogás = 21.827.520 m^3 biogás/ano

Parâmetros para Suínos em engorda

FGB = 26,4 m^3 biogás/m^3 dejeto (Box 12)

VD = volume de dejetos gerado para população de animais definida = 1.653.600 m^3/ano (Etapa 3)

AWMS = Fração de dejeto da categoria de animais manejados com sistema de digestão anaeróbia = 50% (Etapa 6)

Resultado: estima-se que o potencial de geração de biogás pela digestão anaeróbia para o ano em estudo no manejo dos dejetos de suínos de engorda gere aproximadamente 21.827.520 m^3 biogás por ano

Nota metodológica:

Os exemplos de estimativa apresentados neste material foram elaborados considerando apenas uma categoria animal, com finalidade exclusivamente ilustrativa. Para as demais categorias, devem ser aplicadas as mesmas etapas de cálculo, utilizando os respectivos parâmetros específicos (SV, B_0, N_{ex}, TAM, TCon, AWMS, MCF, entre outros).
Ao final, as emissões estimadas para cada categoria animal devem ser somadas, a fim de se obter o total geral de emissões do sistema avaliado.

Caso haja necessidade de detalhamento adicional ou de obtenção de valores individualizados, as estimativas das etapas 6 (CH_4), 7 (N_2O), 8 (CO_2eq) e 9 (emissões evitadas) podem ser calculadas separadamente para cada sistema de manejo de dejetos. Na prática, isso significa repetir as etapas de cálculo considerando um sistema por vez, aplicando o respectivo percentual de destinação (AWMS) e os fatores específicos daquele sistema (MCF ou EF), sem utilizar diretamente o somatório ponderado.
Os resultados individuais obtidos para cada sistema devem, ao final, ser somados para compor o total geral. Essa abordagem permite identificar a contribuição específica de cada processo, facilita a comparação entre tecnologias e aumenta a transparência na análise das emissões.

Nota metodológica:

Os exemplos de estimativa apresentados neste material foram elaborados considerando apenas uma categoria animal, com finalidade exclusivamente ilustrativa. Para as demais categorias, devem ser aplicadas as mesmas etapas de cálculo, utilizando os respectivos parâmetros específicos (SV, B_0, N_{ex}, TAM, TCon, AWMS, MCF, entre outros).
Ao final, as emissões estimadas para cada categoria animal devem ser somadas, a fim de se obter o total geral de emissões do sistema avaliado.

Caso haja necessidade de detalhamento adicional ou de obtenção de valores individualizados, as estimativas das etapas 6 (CH_4), 7 (N_2O), 8 (CO_2eq) e 9 (emissões evitadas) podem ser calculadas separadamente para cada sistema de manejo de dejetos. Na prática, isso significa repetir as etapas de cálculo considerando um sistema por vez, aplicando o respectivo percentual de destinação (AWMS) e os fatores específicos daquele sistema (MCF ou EF), sem utilizar diretamente o somatório ponderado.
Os resultados individuais obtidos para cada sistema devem, ao final, ser somados para compor o total geral. Essa abordagem permite identificar a contribuição específica de cada processo, facilita a comparação entre tecnologias e aumenta a transparência na análise das emissões.

Instruções finais

Após a coleta das informações e o cálculo da meta, das emissões evitadas e do potencial de geração de biogás, a equipe técnica poderá redigir o texto que integrará o PAE. Esse texto deverá ser embasado em todas as etapas realizadas, podendo incluir um breve relato sobre as principais decisões tomadas ao longo do processo.

O conteúdo deve esclarecer como o grupo obteve os valores referentes à meta de tratamento de dejetos, às emissões evitadas e ao potencial de geração de biogás, evidenciando o caráter multissetorial das tecnologias e indicando quais cadeias produtivas serão impactadas com a implementação das políticas públicas. Além disso, o texto deve explicitar a contribuição do estado para o cumprimento da meta nacional.

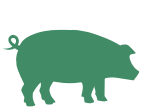
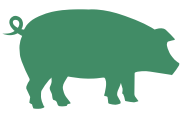
Recomenda-se que esse texto seja validado com os integrantes do GGE e demais partes interessadas, especialmente com o titular da secretaria ou da instituição responsável pela coordenação da elaboração do PAE. Também é indicado que seja elaborado um documento contendo o memorial de cálculo da meta, apresentando as fontes de dados e as tabelas utilizadas na aplicação da metodologia descrita neste manual, e que esse material seja anexado ao PAE.

Check-list

	Equipe Técnica estabelecida.
	Atividade de relator atribuída.
	Emissões de GEE oriundas de dejetos de animais analisadas.
	Material sobre potencial de geração de biogás lido.
	Cadeias produtivas da pecuária mais representativas identificadas.
	Dados históricos da população animal obtidos.
	População animal para o período de 2020 a 2029 projetada.
	População projetada validada com a equipe técnica.
	Volume anual de resíduos da produção animal estimada.
	Dados históricos do tratamento de dejetos identificados.
	Meta do volume de resíduos da produção animal definida.
	Cenários, evitado e AWMS tratamento, definidos
	Emissões de metano para cada cenário quantificadas.
	Emissões de óxido nitroso para cada cenário quantificadas.
	Emissões convertidas em CO_2eq (dióxido de carbono equivalente).
	Emissões evitadas, comparativo entre cenários, calculada.
	Volume gerado de biogás estimado.
	Texto da meta de MRPA no PAE redigido.
	Texto e meta de MRPA no PAE validado com o GGE.
	Resultados da construção da meta apresentados à alta direção.
	Memorial de cálculo anexado ao PAE.
	PAE apresentado ao Ministério da Agricultura e Pecuária.

Informações e parâmetros

Tabela 1 - Parâmetros para a emissão de metano .

	Suínos engorda	Suínos matrizes	Bovinos de leite	Bovinos de corte	Aves de postura
					
SV (kg_{SV}/animal/dia)	0,25[a]	0,25[a]	9 kg_{SV}/ (1000 kg de massa animal)/d[f]	8,1 kg_{SV}/ (1000 kg de massa animal/d)[f]	0,024[g]
B_0 (m^3_{CH4}/ kg_{SV})	0,48[b]	0,48[b]	0,21[a,d]	0,23[a,d]	0,31[h]
TAM (kg/animal)[1]	66,71[c]	215[d]	519,5[c]	398,42	2[i,c]
Número de dias de confinamento (TC) (dias/ano)	347,2[1][e]	365[e]	365[d]	365[d]	365[j]
Nex (kg N/1000 kg de massa corporal/dia)	0,73[f]	0,35[f]	0,39[f]	0,31[f]	1,17[f]

[a] MITO et al. (2018); [b] SARDÁ et al. (2018); [c] Inventário Nacional (PICHARILLO; FARIA, 2020); [d] Plano ABC (MEDEIROS; SAMPAIO; SOTTA, 2019); [e] NICOLOSO et al. (2023); [f] IPCC (2019); [g] KUNZ et al. (2014); [h] KUNZ e OLIVEIRA (2006); [i] FIGUEIREDO (2022); [j] AMARAL (2009).

[1]TAM: Massa corporal animal - Com base nos dados trimestrais do IBGE, é calculado o peso médio de carcaça por região e ano, considerando: para suínos de terminação um rendimento de carcaça de 72%, com TAM representando 53% do peso de abate. Para bovinos de corte, os rendimentos médios de carcaça foram de 54% para bois e 50% para vacas, resultando em um valor médio de 52%., sendo o TAM estimado como 80% do peso de abate, equivalente ao peso no ponto médio entre 24 meses e a idade de abate (PICHARILLO; FARIA, 2020);

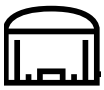
[2]Considerando 3,26 lotes por ano com duração de 105 dias por lote e intervalo de 7 dias entre lotes (Nicoloso et al., 2023);

Tabela 2 - Parâmetros utilizados para definição das zonas climáticas.

Parâmetros para definição das zonas climáticas	
Clima quente	Tropical montano: tem temperatura média anual > 18°C e altitude superior a 1000m Tropical molhado: tem temperatura média anual > 18°C e precipitação média anual > 2000mm Tropical úmido: tem temperatura média anual > 18°C e precipitação média anual > 1000mm Tropical Seco: tem temperatura média anual > 18°C e precipitação média anual < 1000mm
Clima temperado	Temperado quente úmido: tem temperatura média anual > 10°C e uma relação entre evapotranspiração potencial e precipitação > 1 Temperado quente seco: tem temperatura média anual > 10°C e uma razão de evapotranspiração potencial para precipitação < 1

Informações e parâmetros

Tabela 3 - Classificação do MCF de cada sistema de manejo por zona climática.

Sistema de manejo dos dejetos animais	MCF % por zona climática				
	Tropical molhado	Tropical úmido	Tropical seco	Temperado quente úmido	Temperado quente seco
Pasture/Range/Paddock (pasto, sem manejo dos dejetos) 	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Liquid/Slurry (líquido/lodo) (4 meses de retenção) 	67	64	68	29	32
Liquid/Slurry (líquido/lodo) (3 meses de retenção) 	61	57	62	24	28
Uncovered anaerobic lagoon (lagoa anaeróbia) 	73	76	80	80	80
Pit storage below animal confinements (lagoa de armazenamento sem adição de água abaixo do piso) 	67	64	68	29	32
Anaerobic digester of high quality and low leakage (digestor anaeróbico de alta qualidade e baixo vazamento) 	1	1	1	1	1
Anaerobic digester with high leakage (digestor anaeróbico com alto vazamento) 	9,59	9,59	9,59	9,59	9,59
Composting Intensive windrow (Compostagem em leira com revolvimento e aeração) 	1,5	1,5	1,5	1	1
Composting - Passive windrow (Compostagem em leira, pouco revolvimento e aeração) 	2,5	2,5	2,5	2	2
Poultry manure without litter (Criação de aves sem cama coletora de dejetos) 	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Dry lot (confinamento aberto, pavimentado ou não, sem qualquer cobertura vegetal significativa ou cama coletora) 	2	2	2	1,5	1,5
Solid storage (estocagem sólida) 	5	5	5	4	4

Informações e parâmetros

Tabela 4 - Fator de emissão (EF) de óxido nitroso por sistema de tratamento.

Sistema de manejo dos dejetos animais		$EF_{N2O(S)}$ (kg $N\text{-}N_2O$/ kg $_{\text{nitrogênio excretado}}$)
Pasture/Range/Paddock (pasto, sem manejo dos dejetos)		0,002
Liquid/Slurry (líquido/lodo)		0,005
Uncovered anaerobic lagoon (lagoa anaeróbia)		0
Pit storage below animal confinements (lagoa de armazenamento sem adição de água abaixo do piso)		0,002
Anaerobic digester of high quality and low leakage (digestor anaeróbico de alta qualidade e baixo vazamento)		0,0006
Composting Intensive windrow (Compostagem em leira com revolvimento e aeração)		0,005
Poultry manure without litter (Criação de aves sem cama coletora de dejetos)		9,59
Dry lot (confinamento aberto, pavimentado ou não, sem qualquer cobertura vegetal significativa ou cama coletora)		0,02
Solid storage (estocagem sólida)		0,01

Referências

AMARAL, Edilson Sousa do. Galinhas poedeiras: criação em semiconfinamento. Brasilia, Emater-DF: [s. n.], 2009. Disponível em: https://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/44/1/Galinhas poedeira versão final de impressão 19.05.2009 indd.indd.pdf.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Projeções do agronegócio: Brasil 2023/24 a 2033/34. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Relatório do Inventário Nacional: 1990–2022. 2024.

BRASIL. PLANO SETORIAL PARA ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA E BAIXA EMISSÃO DE CARBONO NA AGROPECUÁRIA 2020-2030 – Plano Operacional. Ministério da Agricultura e Pecuária, 2021.

BRASIL. A NDC DO BRASIL: Determinação nacional em contribuir e transformar. 2024.

CAMPOS, Aloísio T. de et al. Tratamento e reciclagem de águas residuárias em sistema intensivo de produção de leite. Circular Técnica Embrapa 75, [s. l.], v. 75, p. 1–10, 2003.

FIGUEIREDO, Elsio Antônio Pereira de. Poedeira Embrapa 031: metas de produção e desempenho. Concórdia: [s. n.], 2022.

IPCC. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10: Emissions form Livestock and Manure Management2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html.

KUNZ, Airton; HIGARASHI, Martha Mayumi; OLIVEIRA, Paulo Armando Victoria de. Tecnologias para o tratamento de resíduos de animais. [S. l.: s. n.], 2014.

KUNZ, Airton; OLIVEIRA, Paulo Armando V. De. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. Revista de Política Agrícola, [s. l.], n. 3, p. 28–35, 2006.

MEDEIROS, Sidney Almeida Filgueira de (coord.); SAMPAIO, Fernanda Garcia (coord.); SOTTA, Eleneide Doff (coord.). Diagnóstico da expansão da adoção da tecnologia de Tratamento de Dejetos Animais (TDA) no território brasileiro entre 2010 e 2019MAPA. Brasília: [s. n.], 2019.

MITO, Jessica Yuki de Lima et al. Metodologia para estimar o potencial de biogás e biometano a partir de plantéis suínos e bovinos no Brasil. Embrapa Suínos e Aves, [s. l.], p. 56, 2018. Disponível em: www.cibiogas.org

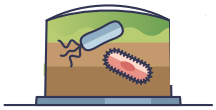
NICOLOSO, Rodrigo da Silveira et al. Critérios técnicos mínimos para o licenciamento ambiental de granjas de suínos. Concórdia: [s. n.], 2023.

RIBEIRO, Eruin Martuscelli et al. GHG avoided emissions and economic analysis by power generation potential in posture aviaries in Brazil. Renewable Energy, [s. l.], v. 120, p. 524–535, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.005

SARDÁ, Luana Goulart et al. Methane emission factor of open deposits used to store swine slurry in Southern Brazil. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, [s. l.], v. 53, n. 6, p. 657–663, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000600001

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Plataforma. Observatório do Clima. 2025. Disponível em: http://seeg.eco.br/.

Glossário



Biodigestão: é o processo biológico anaeróbio que ocorre dentro do biodigestor, no qual microrganismos decompõem a matéria orgânica presente nos resíduos, como dejetos de animais, na ausência de oxigênio. Esse processo resulta na produção de biogás e na geração de um efluente rico em nutrientes, o digestato.



Biofertilizante: É um adubo orgânico líquido utilizado para complementar a adubação de fertilizantes sólidos, e pode ser produzido dentro da propriedade rural, a partir do digestato resultante do processo de biodigestão anaeróbia realizada em biodigestores.



Biogás: É um tipo de biocombustível produzido a partir da decomposição de materiais orgânicos (de origem vegetal ou animal), que são decompostos, produzindo uma mistura de gases, cuja maior parte é composta de metano.



Compostagem: É um método aeróbio de reciclagem e tratamento dos resíduos orgânicos que busca reproduzir algumas condições ideais observadas no processo natural de degradação da matéria orgânica.



Digestato: É o subproduto do processo de biodigestão anaeróbia realizada em biodigestores, resultante da decomposição da matéria orgânica por microrganismos na ausência de oxigênio.



Emissões Evitadas: Emissões que não são geradas em decorrência da substituição de uma prática convencional por uma alternativa de menor impacto.
Emissões Mitigadas: Emissões controladas, reduzidas ou tratadas por meio de melhorias operacionais, tecnológicas ou de manejo.



Gases de Efeito Estufa (GEE): São compostos químicos presentes na atmosfera que absorvem e retêm a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, contribuindo para o aquecimento global. Entre os principais GEEs estão o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs).



Metano: Gás combustível com vida atmosférica de 12 anos e GWP-20 80 kg CO_2eq; responde por grande parte do forçamento radiativo da agropecuária quando liberado por digestão entérica ou degradação anaeróbia de resíduos.



Sistemas Intensivos: São modelos de criação com alta densidade animal e controle rigoroso de insumos, ambiência e manejo, voltados à máxima produtividade. Na suinocultura, destacam-se as matrizes, fêmeas reprodutoras mantidas em ambientes controlados para altas taxas de parto e desmame, e a terminação, fase final da engorda com leitões criados até o peso de abate em estruturas tecnificadas para ganho de peso eficiente.

Glossário



Percentual de dejetos manuseados em cada sistema (AWMS): Fração de dejetos manuseados no sistema de gerenciamento de dejetos (%). AWMS da diretriz de 2006 foi definido como AWMS (Animal Waste Management System) pelo IPCC (2019), e os valores foram atualizados.



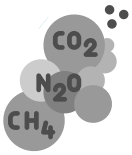
Sólidos voláteis (SV): Este valor é padrão para a taxa dos sólidos voláteis dos dejetos por dia por tipo de categoria animal, sendo expressa em kg SV/cab/dia. Varia de acordo com a genética (espécie) e a alimentação (dieta) de cada categoria animal.



Capacidade máxima de produção de metano (B_0): Este parâmetro é a capacidade máxima de produção de metano por dejeto produzido para a categoria animal, em m^3 CH_4/kg SV de matéria seca ou kg CH_4/kg SV. Este parâmetro varia conforme a genética (espécie) e a alimentação (dieta) de cada categoria de animal.



Fator de conversão de metano MCF (*Manure Management System*): Fator anual de conversão de metano para o sistema de manejo escolhido, considerando as temperaturas médias locais para cada sistema de tratamento dos dejetos. Países com condições climáticas variadas, como ocorre no Brasil, são incentivadas pelo IPCC a obter dados populacionais para cada zona climática principal, permitindo uma seleção mais específica de fatores padrão ou valores MCF para os sistemas mais sensíveis a mudanças de temperatura. Idealmente, a distribuição da população regional pode ser obtida a partir de estatísticas nacionais de rebanho publicadas e os dados de temperatura de estatísticas meteorológicas nacionais.



GWP: Parâmetros para Conversão dos Gases em CO_2 Equivalente: Esse conjunto de parâmetros permite converter as emissões de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), em uma medida comum chamada "equivalente de dióxido de carbono" (CO_2eq). Isso facilita a comparação das emissões de diferentes gases em termos de seu impacto no aquecimento global. O GWP é uma medida de quantas vezes mais calor um gás de efeito estufa retém na atmosfera em relação a uma mesma quantidade de CO_2, em um determinado tempo. É expresso como fator que, quando multiplicado pela massa do gás, resulta em uma massa equivalente de CO_2 (CO_2eq).

Biblioteca

O **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa** (SEEG) é a principal plataforma de monitoramento de emissões de gases de efeito estufa na América Latina e uma das maiores bases de dados nacionais de emissões do mundo. O GGE poderá acessar o perfil de emissões do Estado na plataforma do SEEG.
Link para acesso: https://seeg.eco.br/

O **Centro de Inteligência da Carne** (Cicarne), trata-se de um sistema desenvolvido pela Embrapa Gado de Corte, para disponibilizar informações aos agentes da cadeia produtiva de carne bovina.
Link para acesso: https://www.cicarne.com.br/

O **Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos** (CIM) é um observatório baseado em inteligência territorial estratégica que reúne as principais informações sobre as cadeias produtivas de caprinos e ovinos.
Link para acesso: https://www.embrapa.br/en/cim-inteligencia-e-mercado-de-caprinos-e-ovinos

A **Central de Inteligência de Aves e Suínos** (CIAS) é uma plataforma da Embrapa que reúne e divulga dados estratégicos sobre as cadeias produtivas de frangos de corte e suínos.
Link para acesso: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias

O Centro de Inteligência do Leite (CILeite) é uma plataforma da Embrapa que reúne e divulga estudos da cadeia produtiva do leite, incluindo mercado, avaliações econômicas, ferramentas de gestão e inteligência territorial.
Link para acesso: https://www.cileite.com.br