



FZEA USP

Ciência e inovação da fazenda à mesa



É POSSÍVEL ELEVAR A PRODUTIVIDADE NA PECUÁRIA REDUZINDO SEU IMPACTO NO EFEITO ESTUFA?

Ives C.S. Bueno

Departamento de Zootecnia (ZAZ)
FZEA-USP



34ª Reunião Anual do CBNA - 2023

A Nutrição e as Demandas do Consumidor:
Bem-Estar Animal e Meio Ambiente

AVES . SUÍNOS. BOVINOS

21, 22 e 23
de março



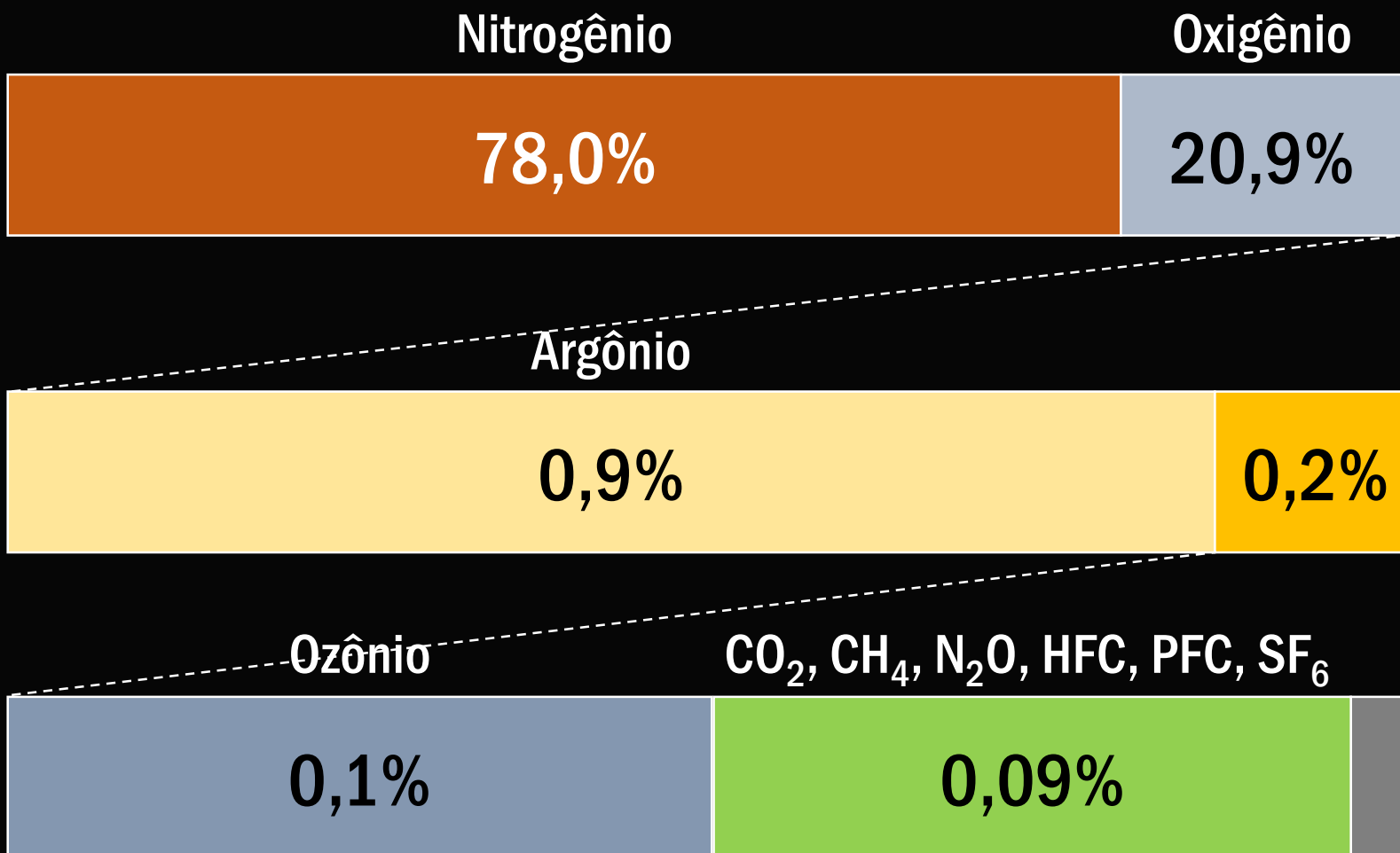
EFEITO ESTUFA





Gases componentes da atmosfera terrestre

Em condições normais, a composição da atmosfera terrestre é razoavelmente constante



Fontes antrópicas dos GEE e contribuição para o aumento do efeito estufa

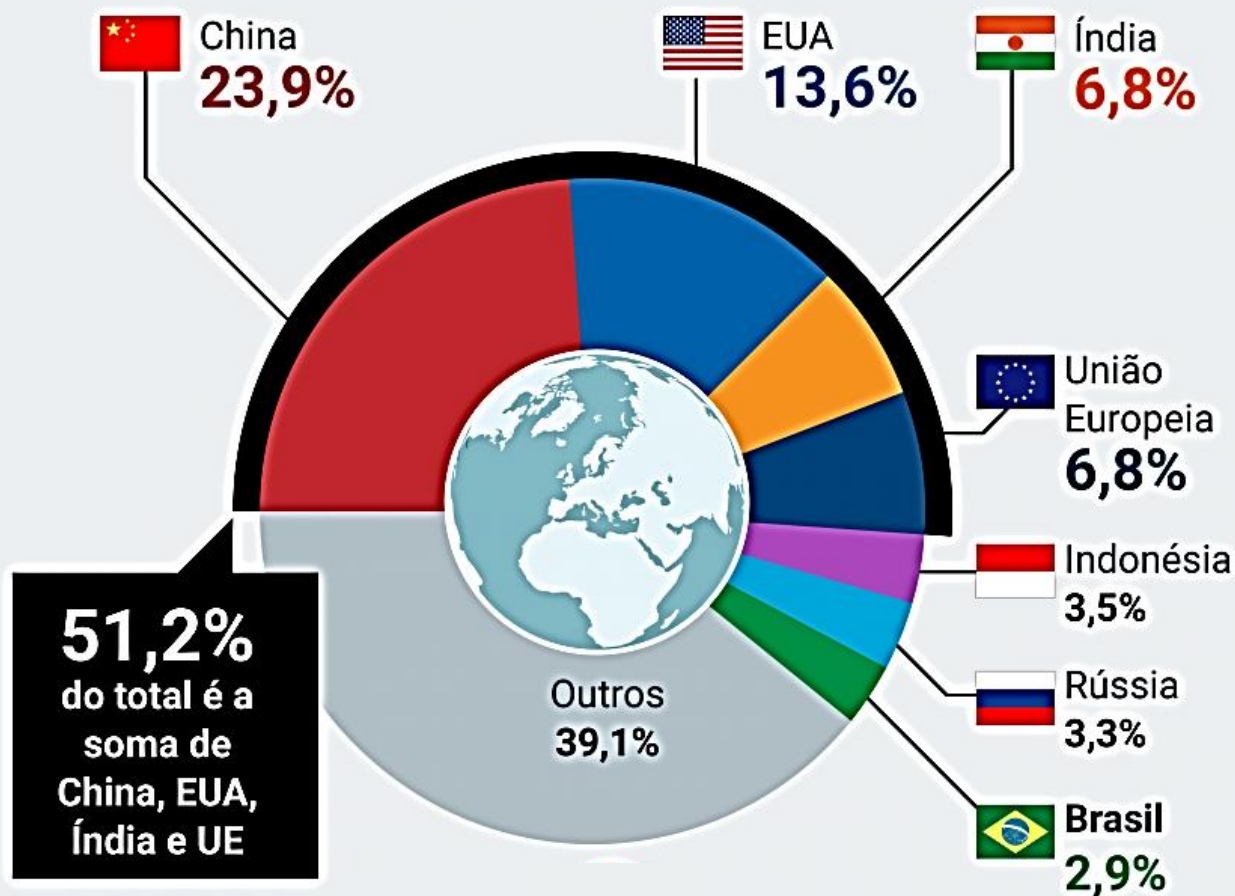
Gases	Principais fontes	TVA	TAA	CR%
CO ₂	Combustíveis fósseis e desmatamento	50 a 200 anos	0,5%	60%
CH ₄	Pecuária, cultivo de arroz, combustíveis fósseis e desmatamento	10 anos	0,9%	15%
N ₂ O	Fertilizantes e alteração do uso da terra	150 anos	0,3%	5%
CFCs	Aerossóis, processos industriais	60 a 100 anos	4,0%	12%
O ₃	Hidrocarbonetos e queima de biomassa	Semanas a meses	0,5 a 2,0%	8%

TVA: tempo de vida na atmosfera; TAA: taxa anual de aumento ; CR: contribuição relativa

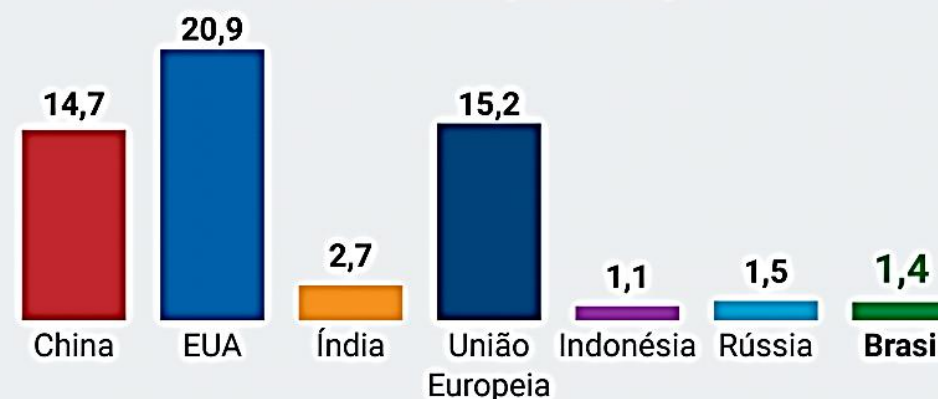
Fonte: MCT (2000)

BRASIL EMITE 2,9% DOS GASES DE EFEITO ESTUFA DO MUNDO

saldo de emissões de gases de efeito estufa* em 2018**, em % do total



PIB em 2020 (em US\$ tri)



* equivale à diferença entre os gases emitidos pela atividade humana e à remoção de carbono da atmosfera por diversos processos.

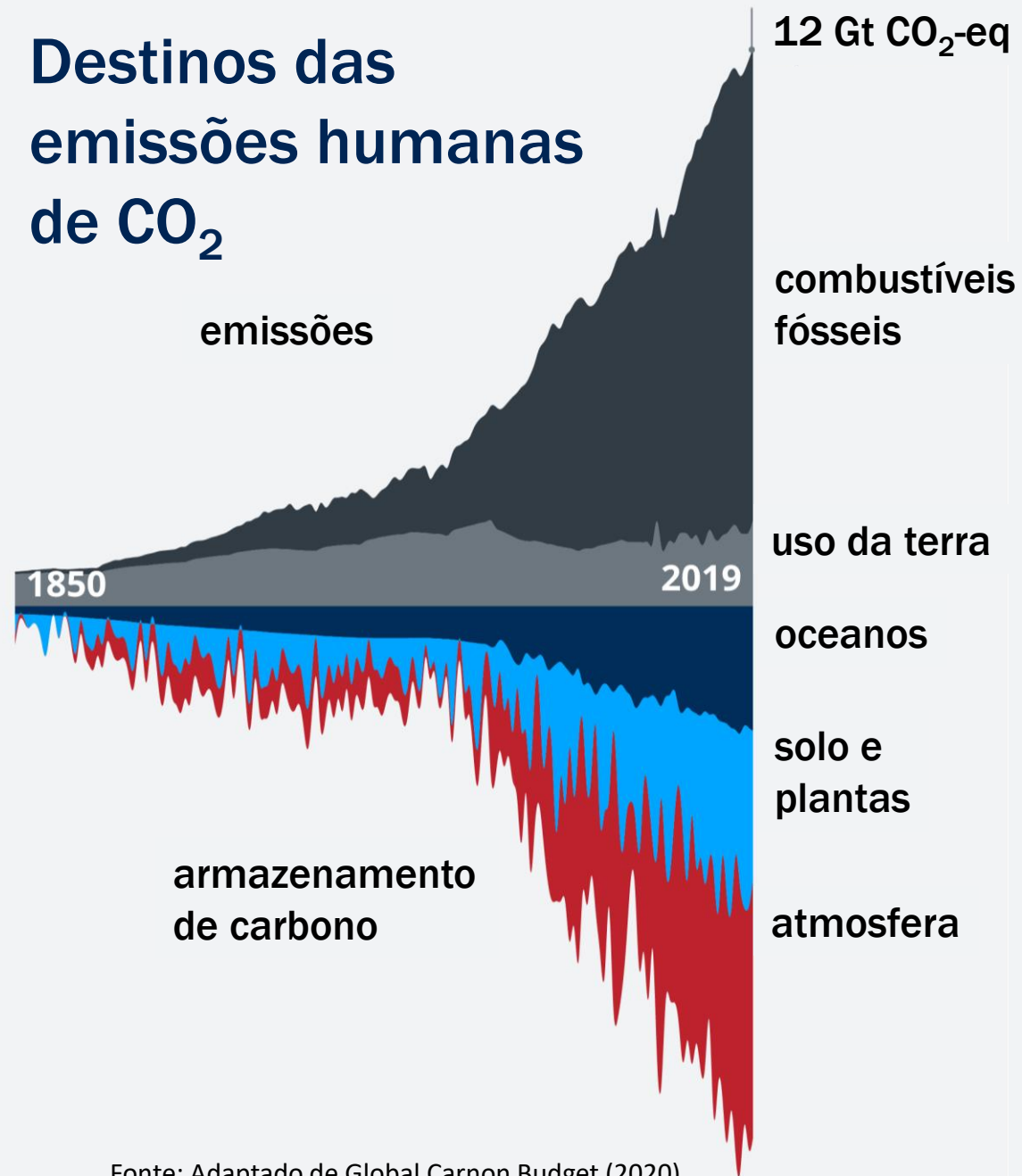
**último dado disponível.

obs: o Drive/Poder360 considerou os dados de CO₂ equivalente.

fonte: emissões em 2018 (excluindo EUA e Rússia) – Climate Watch; EUA – Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks; Rússia – Relatório Nacional sobre emissões de gases estufa; PIB – FMI



Destinos das emissões humanas de CO₂



Fonte: Adaptado de Global Carbon Budget (2020)



Maiores fontes emissoras

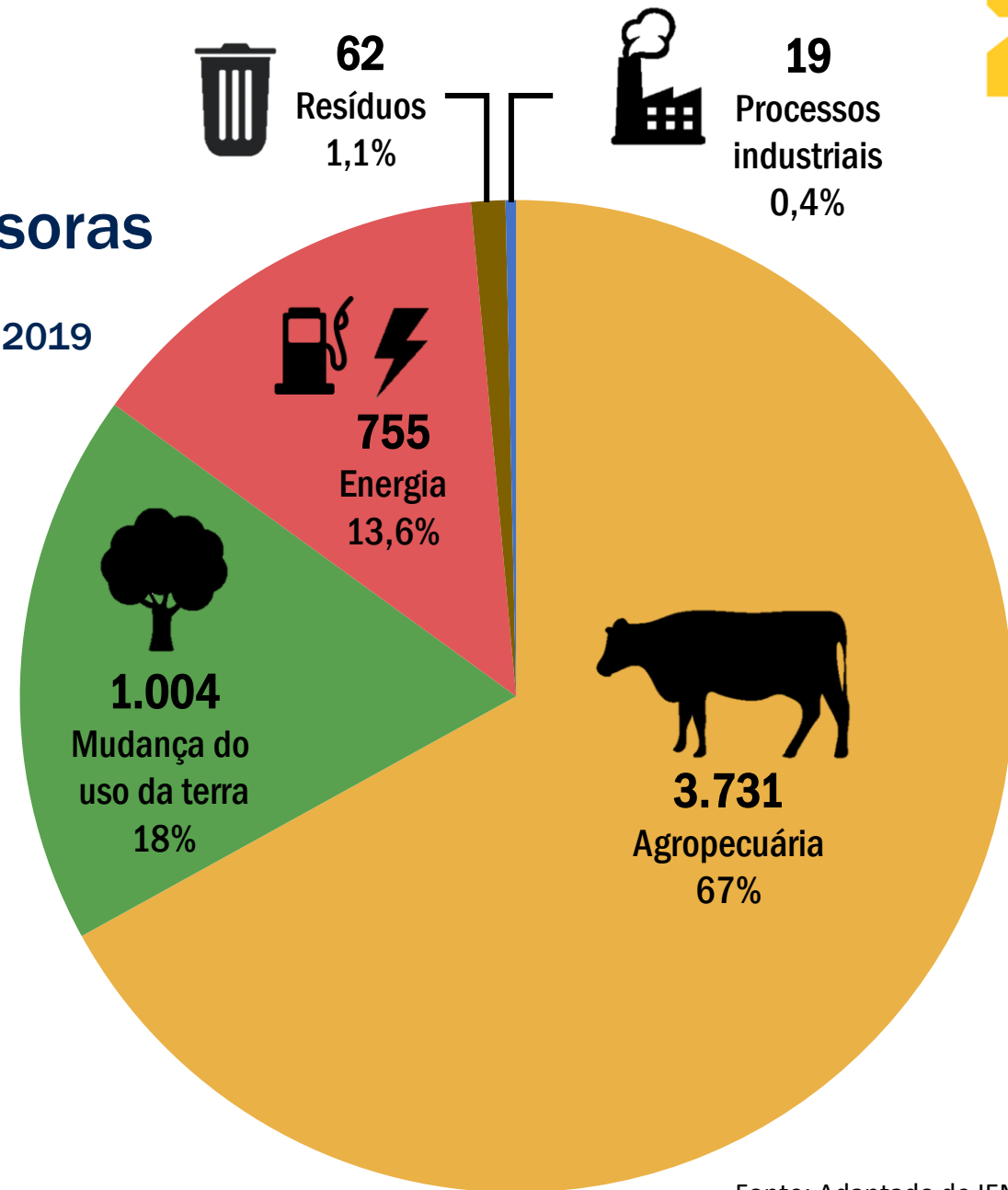
Número de municípios e percentual onde o setor é o maior emissor, em 2019

Líderes em emissão por setor mais emissor



1. São Felix do Xingu
2. Corumbá
3. Vila Bela da Sma. Trindade
4. Porto Velho
5. Cáceres
6. Marabá
7. Ribas do Rio Pardo
8. Juara
9. Alegrete
10. Alta Floresta

1. Altamira
2. São Félix do Xingu
3. Lábrea
4. Porto Velho
5. Pacajá
6. Novo Progresso
7. Apuí
8. Colniza
9. Itaituba
10. Novo Repartimento



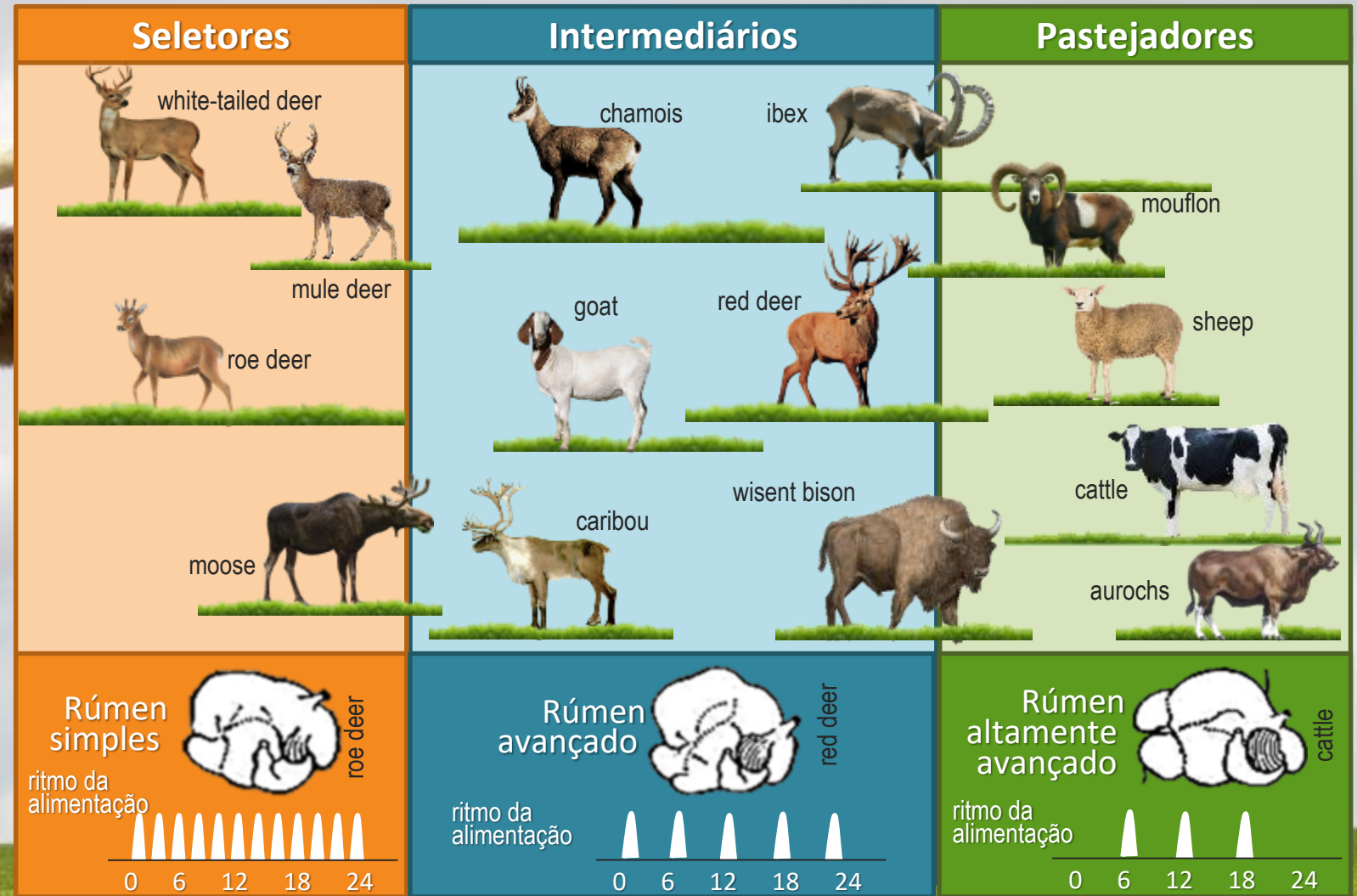
Fonte: Adaptado de IEMA (2022)



GÁS METANO EM RUMINANTES



Tipos de ruminantes de acordo com a morfofisiologia alimentar

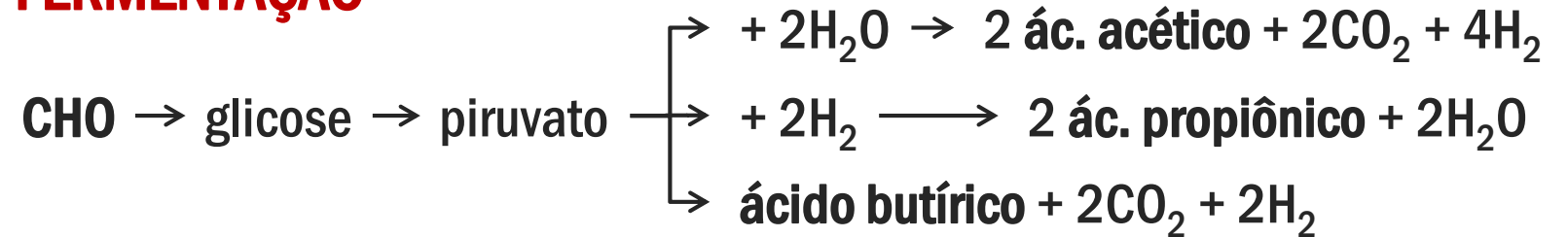


Mas de onde vem os GEE da pecuária?



Processos anaeróbicos que ocorrem no TGI de monogástricos e ruminantes geram gases que não são aproveitados pelos animais

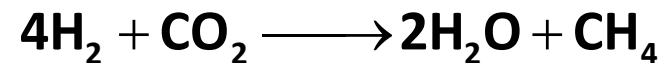
FERMENTAÇÃO



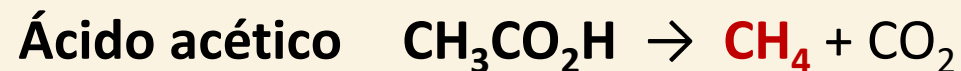
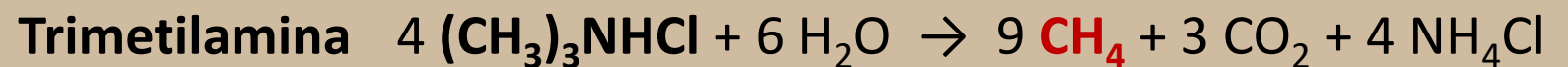
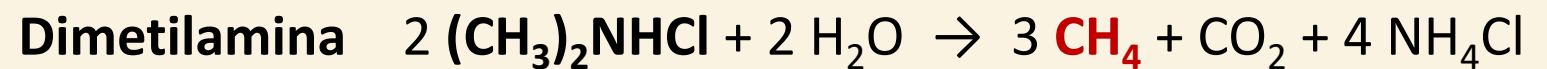
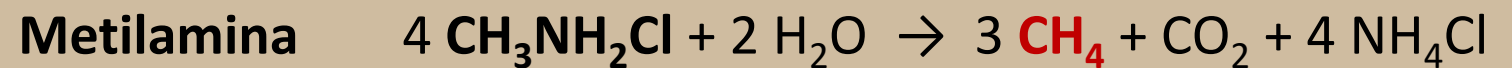
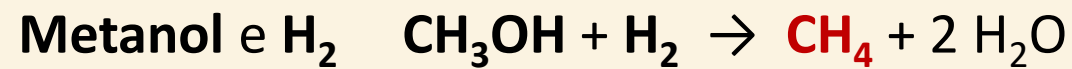
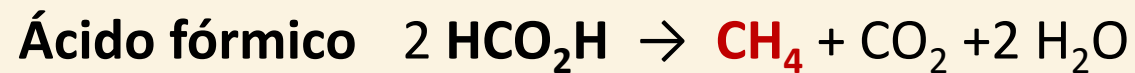
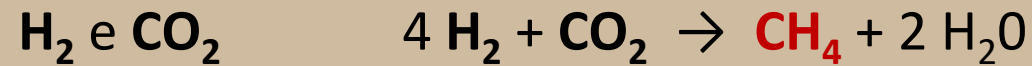
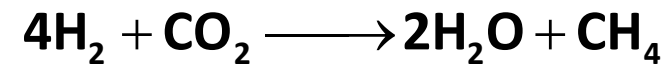
TAMPONAMENTO



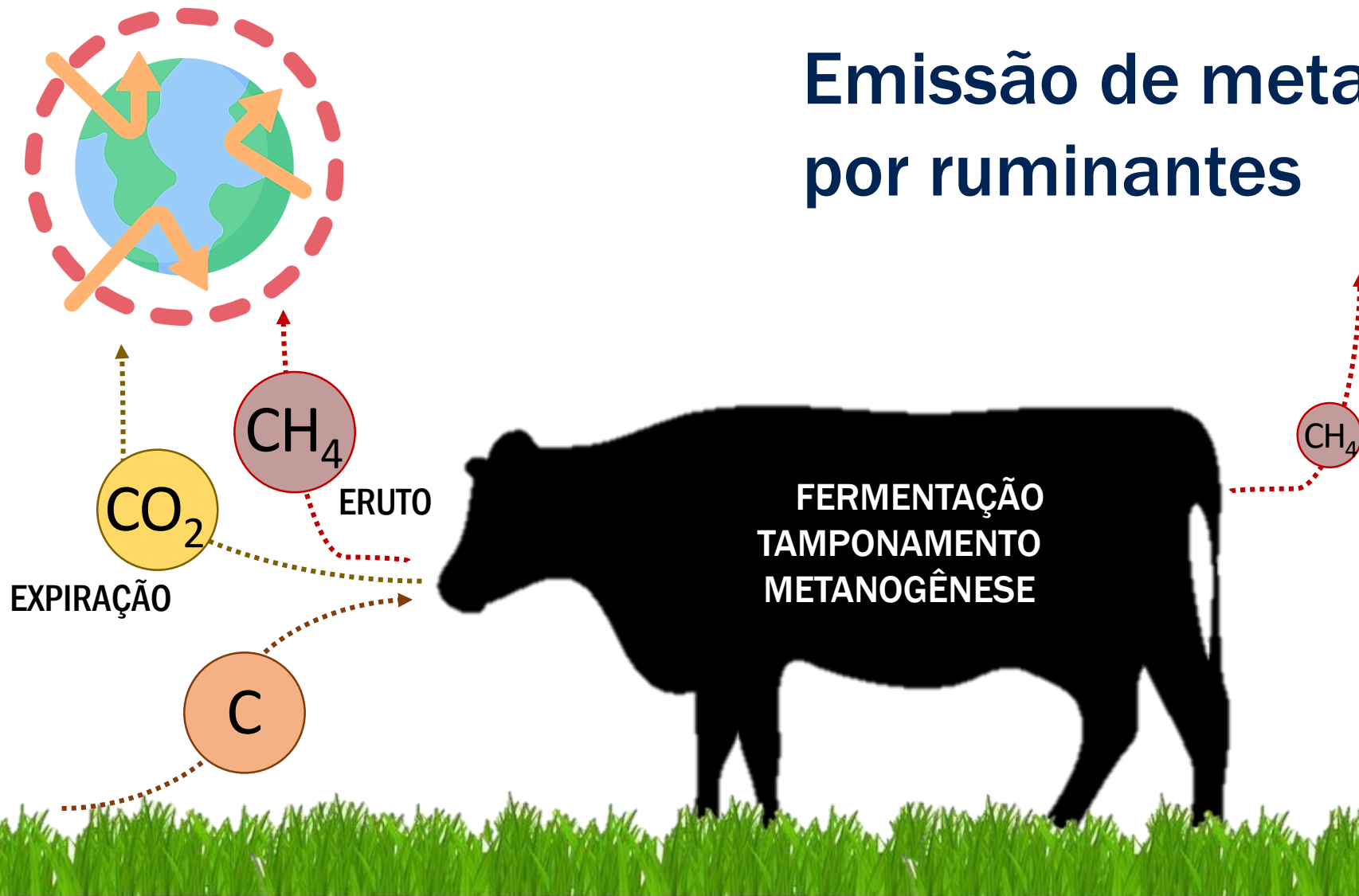
METANOGENESE



METANOGENESE



Emissão de metano por ruminantes





Batatas



602,4 m (130 g de CO₂-eq)



Maçãs



708,8 m (150 g de CO₂-eq)



Aspargos



957,0 m (198 g de CO₂-eq)



Frango



2,58 km (550 g de CO₂-eq)



Carne suína



8,93 km (1,90 kg de CO₂-eq)



Carne bovina



24,78 km (7,40 kg de CO₂-eq)

Emissões de CO₂-equivalentes oriundos da produção de 1 kg desses alimentos... equivalem às emissões ao dirigir...

Afinal, os ruminantes são mesmo vilões quando se trata de impacto ambiental?



**PROCURADA
POR CRIME
AMBIENTAL**



**RECOMPENSA
1 KG DE PICANHA**



VIDA VEGETARIANA

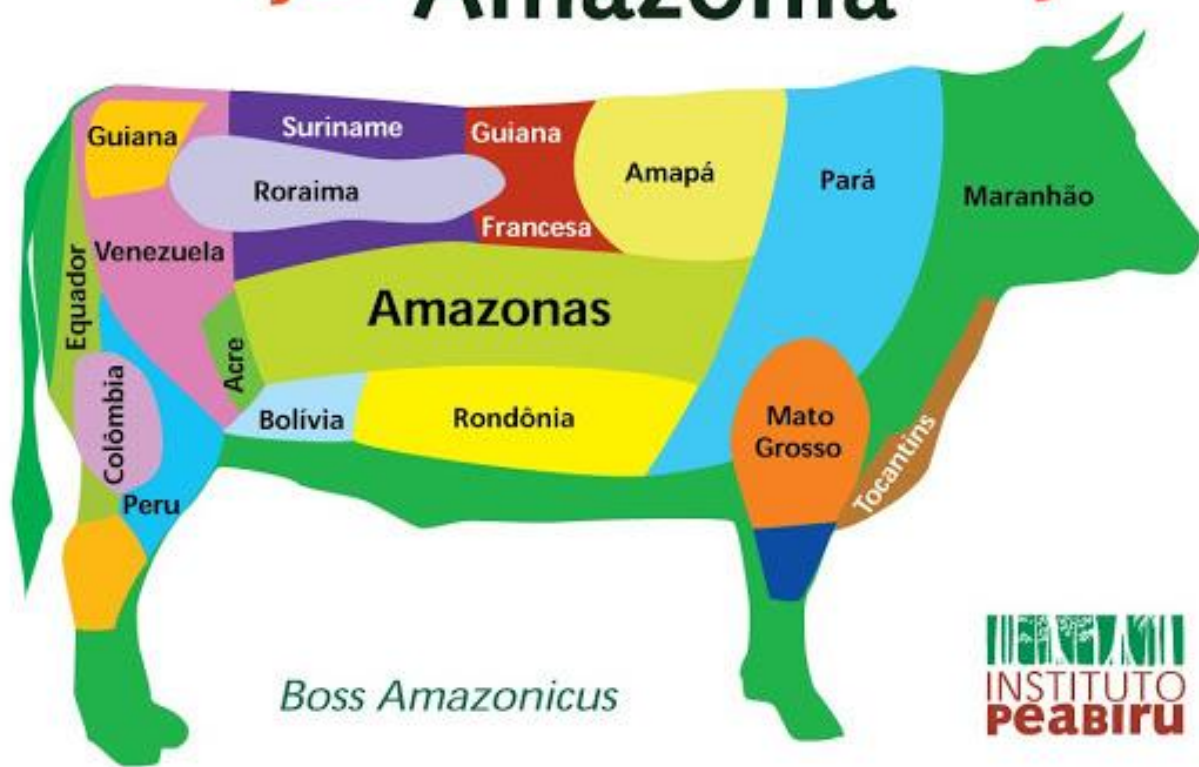


DIMINUA 99% DAS EMISSÕES* DA SUA COMIDA
TROQUE A PROTEÍNA DA CARNE VERMELHA POR PROTEÍNA DE FEIJÕES

*Emissões de gases que contribuem para o efeito estufa



Você **já** **comeu** **Amazônia** **hoje?**

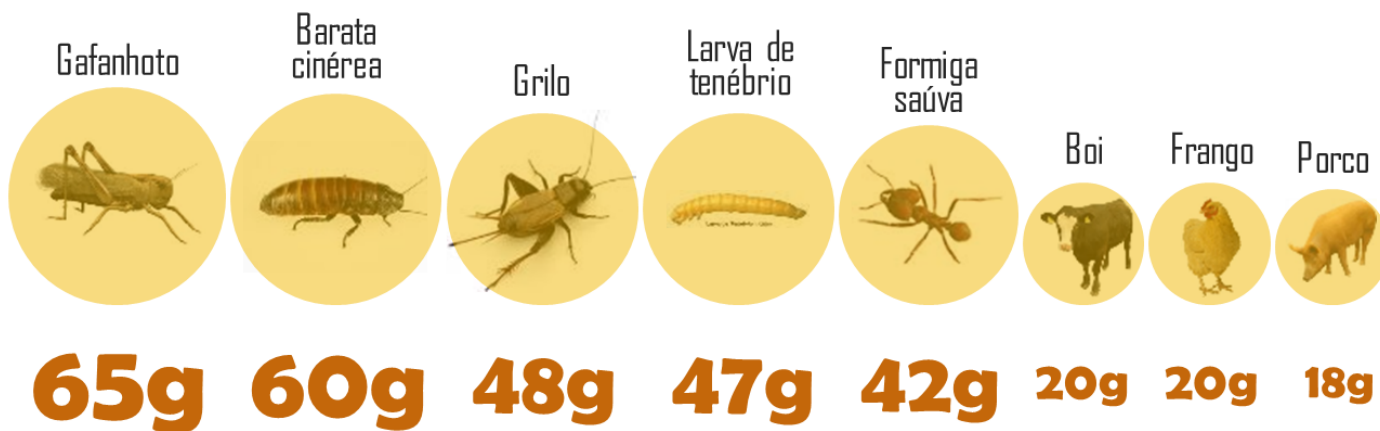


Boss Amazonicus



Viscosos, mas nutritivos

Quanto gramas de proteína há em cada 100 gramas de insetos e outros animais



LIBERDADE DE EXPRESSÃO

SCIENTIFIC AMERICAN



Efeito estufa do hambúrguer

A produção de carne bovina tem custo ambiental negligenciado: libera enormes quantidades de gases que contribuem para o aquecimento global



Produção de carne bovina em 2022
8,5 milhões de toneladas



85 mil km²



127,5 bilhões de m³ de água
7 dias da vazão do rio Amazonas



INCRÍVEL!

TIRAS DE CARNE




FEITO COM INGREDIENTES NATURAIS

- SEM COLESTEROL
- ALTO VALOR NUTRICIONAL
- RICO EM PROTEÍNAS
- LIVRE DE CONSERVANTES

100% VEGETAL

PESO LÍQUIDO 200g

ALIMENTO À BASE DE PROTEÍNA VEGETAL SAVOR CARNE BOVINA

CONTÉM AMARILHANTE. MANTENHA CONGELADO A -12°C OU MAIS FRIO. INDÚSTRIA BRASILEIRA.

INCRÍVEL!

ESCONDIDINHO DE CARNE MOÍDA



FEITO COM INGREDIENTES NATURAIS

- SEM COLESTEROL
- ALTO VALOR NUTRICIONAL
- DO FREEZER AO MICRO-ONDAS
- LIVRE DE CONSERVANTES

100% VEGETAL

PESO LÍQUIDO 350g

ALIMENTO À BASE DE PROTEÍNA VEGETAL

CONTÉM AMARILHANTE SINTÉTICO IDENTICO AO NATURAL. MANTENHA CONGELADO A -12°C OU MAIS FRIO. INDÚSTRIA BRASILEIRA.

Incrível

PERNIL DESFIADO COM MOLHO BARBECUE

PULLED PORK

100% VEGETAL

FONTE DE FERRO 14g DE PROTEÍNA RICO EM VITAMINA B12

Seara

• O ÚNICO COM •

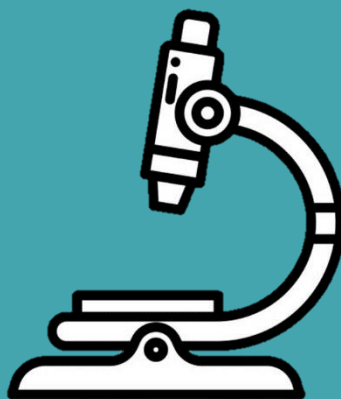
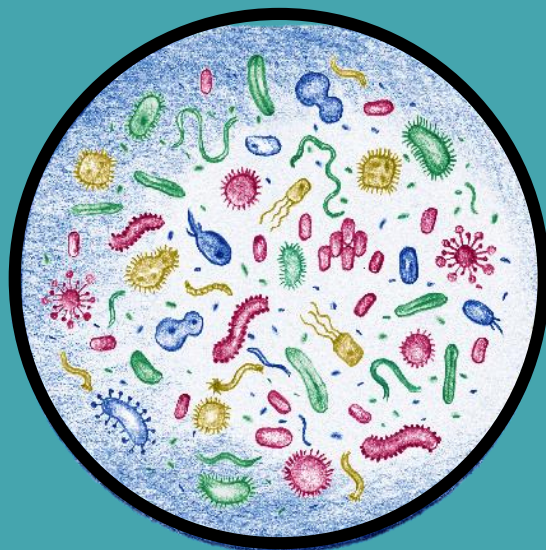
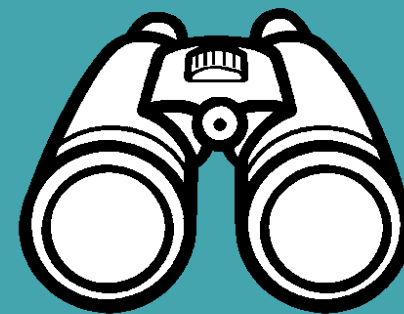
BIOMOLECULA LIVRE VEGETAL



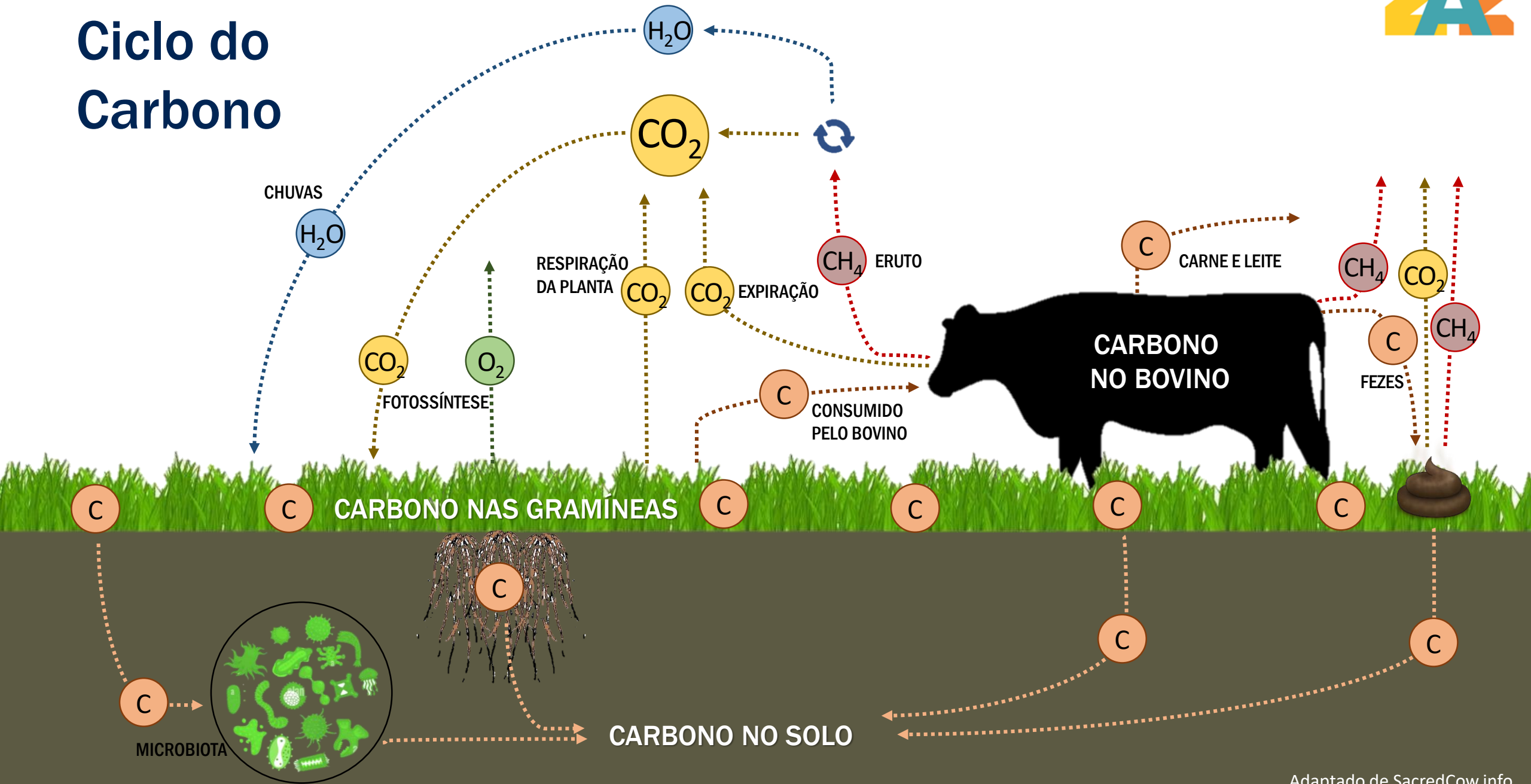
PESO LÍQUIDO 350g

PROTEÍNA VEGETAL SAVOR PERNIL SUÍNO COM MOLHO BARBECUE

MANTENHA CONGELADO A -12°C OU MAIS FRIO.



Ciclo do Carbono



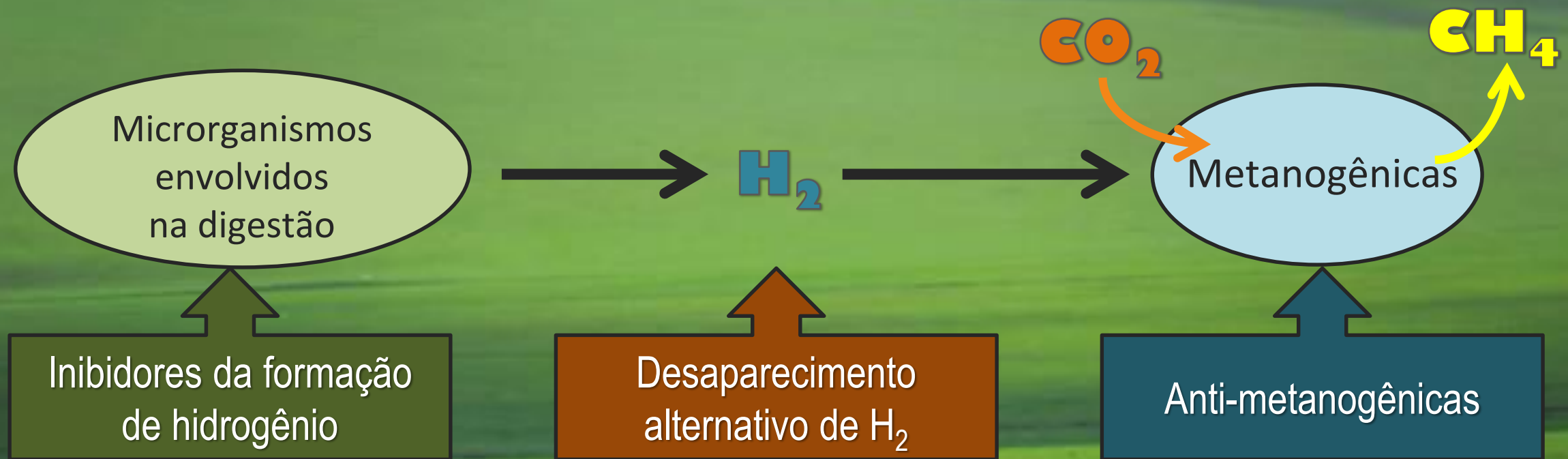
BIODIGESTORES



A silhouette of a cow standing in a field, facing right, against a bright, hazy sunset background. The cow is dark against the golden light of the sun. The field is filled with tall grass, and the sky is a mix of orange and yellow tones.

ESTRATÉGIAS MITIGADORAS DAS EMISSÕES DE CH₄

Como diminuir as emissões de CH₄



ALIMENTOS DE QUALIDADE



Qualidade do(s) alimento(s)

Melhor qualidade

Melhor digestibilidade/aproveitamento

Maior eficiência microbiana

Menores perdas energéticas

Menor emissão de metano

Efeito do tipo da espécie forrageira nas emissões de metano

Forrageiras	CH₄ L/kg CMS	CH₄ L/kg CMO	CH₄ L/kg MOD
Gramíneas C3	30,0^b	33,1^b	52,1^b
Gramíneas C4	33,7^c	38,8^c	57,7^b
Leguminosas temperadas	30,1^{bc}	33,7^{bc}	52,4^b
Leguminosas tropicais	25,9^a	27,2^a	40,7^a

Adaptado de: Eugène, Klumpp e Sauvant (2021) Methane mitigating options with forages fed to ruminants. Grass and Forage Science, v 76, p 196-204



DIETAS MAIS DIGESTÍVEIS



Dietas com mais CNF

Maior taxa de fermentação

Menor pH ruminal

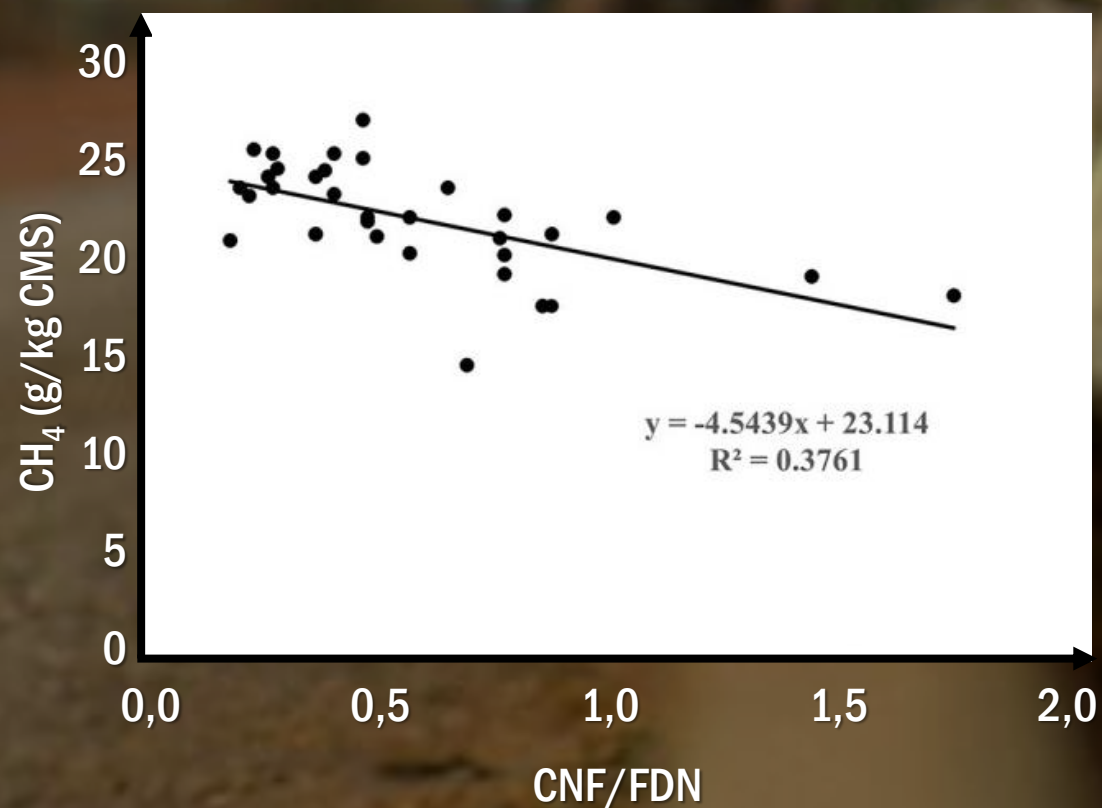
Inibição de
arqueias e
protozoários

Aumento da
produção de
propionato

Menor emissão de metano



Relação entre emissão de metano e proporção CNF/FDN



Adaptado de Sun, Cheng, Jonker, Munidasa e Pacheco (2022). A Review: Plant Carbohydrate Types—The Potential Impact on Ruminant Methane Emissions. *Frontiers in Veterinary Science*, v 9



SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA



SUPLEMENTAÇÃO

Forragens de
baixa qualidade



Alimento com
nutrientes para
microrganismos

Maior eficiência microbiana

Menores perdas energéticas

Menor emissão de metano
por unidade de alimento
fermentado

CMS e produção de CH₄ em garrotes em dietas com cana-de-açúcar e ureia ou nitrato

		Ureia	Nitrato	P
Consumo de MS (kg/d)		7,1	6,6	0,09
CH ₄	g/d	125	85	<0,01
	g/kg CMS	18,2	13,3	<0,01
	% da energia consumida	5,9	4,2	<0,01

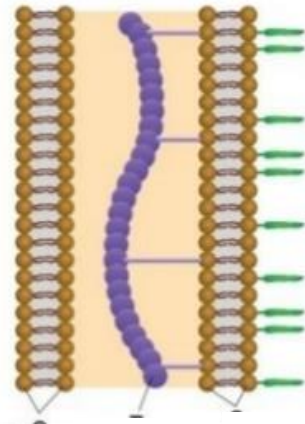
Adaptado de: Hulshof, Berndt, Gerrits, Dijkstra, van Zijderveld, Newbold e Perdok (2015) Dietary nitrate supplementation reduces methane emission in beef cattle fed sugarcane-based diets. *Journal of Animal Science*, v. 90, p.2317-2323

CONTROLE SELETIVO DA MICROBIOTA



SEM IONÓFOROS

**BACTÉRIAS
GRAM-NEGATIVAS**



MEMBRANA
CITOPLASMÁTICA

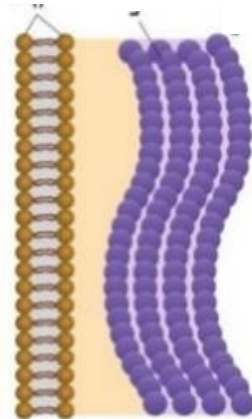
PEPTO-
GLICANOS

MEMBRANA
EXTERNA

PROPIONATO

**SEM EMISSÃO
DE H E CO₂**

**BACTÉRIAS
GRAM-POSITIVAS**



**ACETATO E
BUTIRATO**

**COM
EMISSÃO DE
H E CO₂**

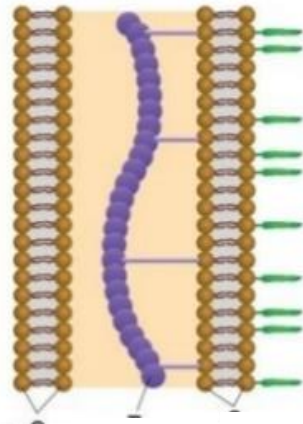
**FORMAÇÃO
DE CH₄**

CONTROLE SELETIVO DA MICROBIOTA



COM IONÓFOROS

**BACTÉRIAS
GRAM-NEGATIVAS**



MEMBRANA
CITOPLASMÁTICA PEPTO-
GLICANOS MEMBRANA
EXTERNA

PROPIONATO

SEM EMISSÃO
DE H E CO₂

**BACTÉRIAS
GRAM-POSITIVAS**



IONÓ-
FORO

ACETATO E
BUTIRATO

MENOR
EMISSÃO
DE H E CO₂

MENOR
EMISSÃO DE
CH₄

Cápsulas de monensina de liberação controlada em vacas leiteiras

Cápsula	Dias de inserção	Controle	Monensina	P
		- g CH ₄ /d -		
1	25	273	304	0,93
1	81	373	404	0,93
2	83	376	386	0,67
		- g CH ₄ /kg de sólidos no leite -		
1	25 e 81	206	203	0,45
2	83	295	276	0,16

Adaptado de: Grainger, Auld, Clarke, Beauchemin, McGinn, Hannah, Eckard e Lowe (2008) Use of monensin controlled-release capsules to reduce methane emissions and improve milk production of dairy cows offered pasture supplemented with grains. Journal of Dairy Science, v. 91, p.1159-1165.

ADITIVOS NATURAIS



METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

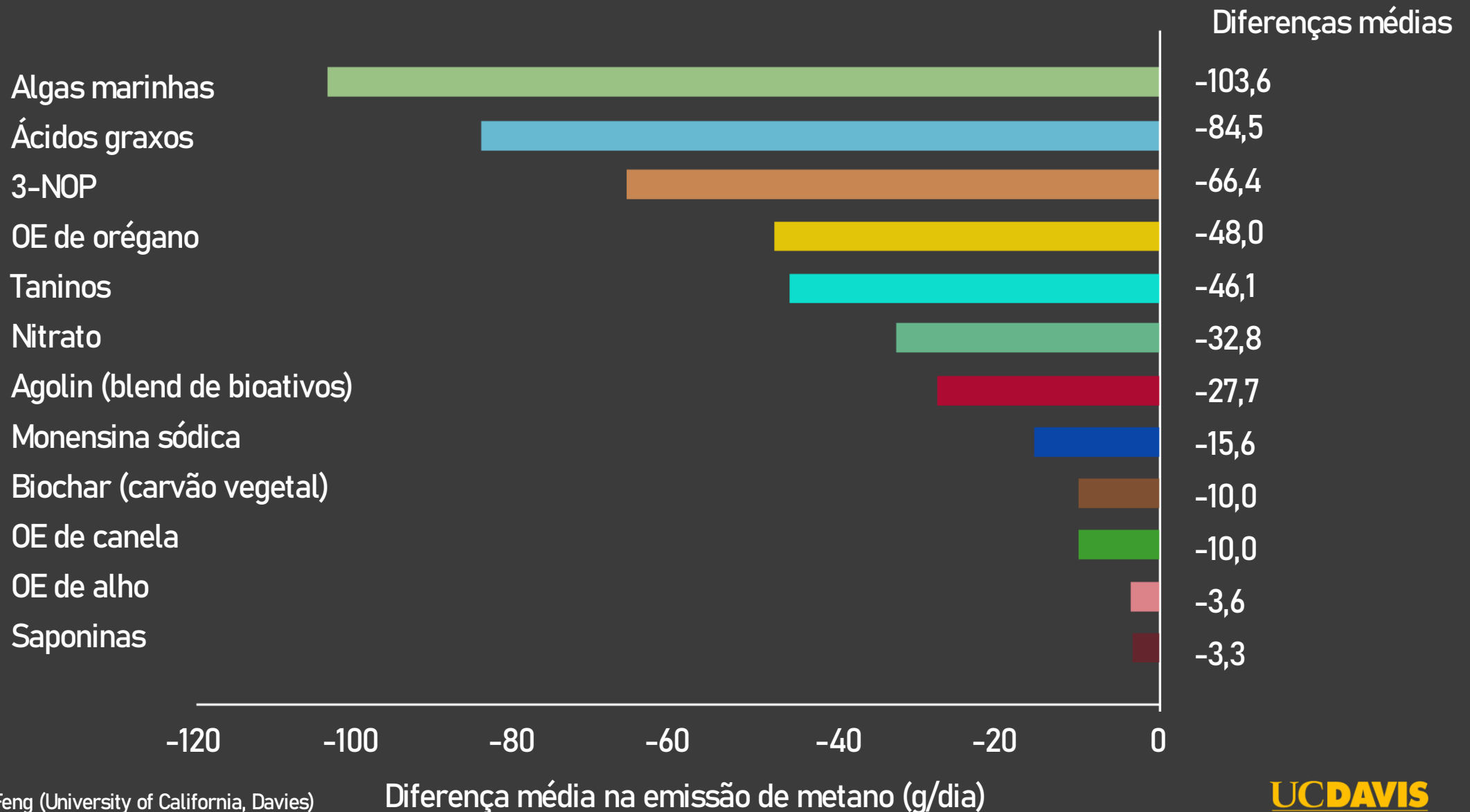
TANINOS

SAPONINAS

ÓLEOS ESSENCIAIS



REDUÇÃO NAS EMISSÕES DE METANO COM ADITIVOS ALIMENTARES



SELEÇÃO DE ANIMAIS



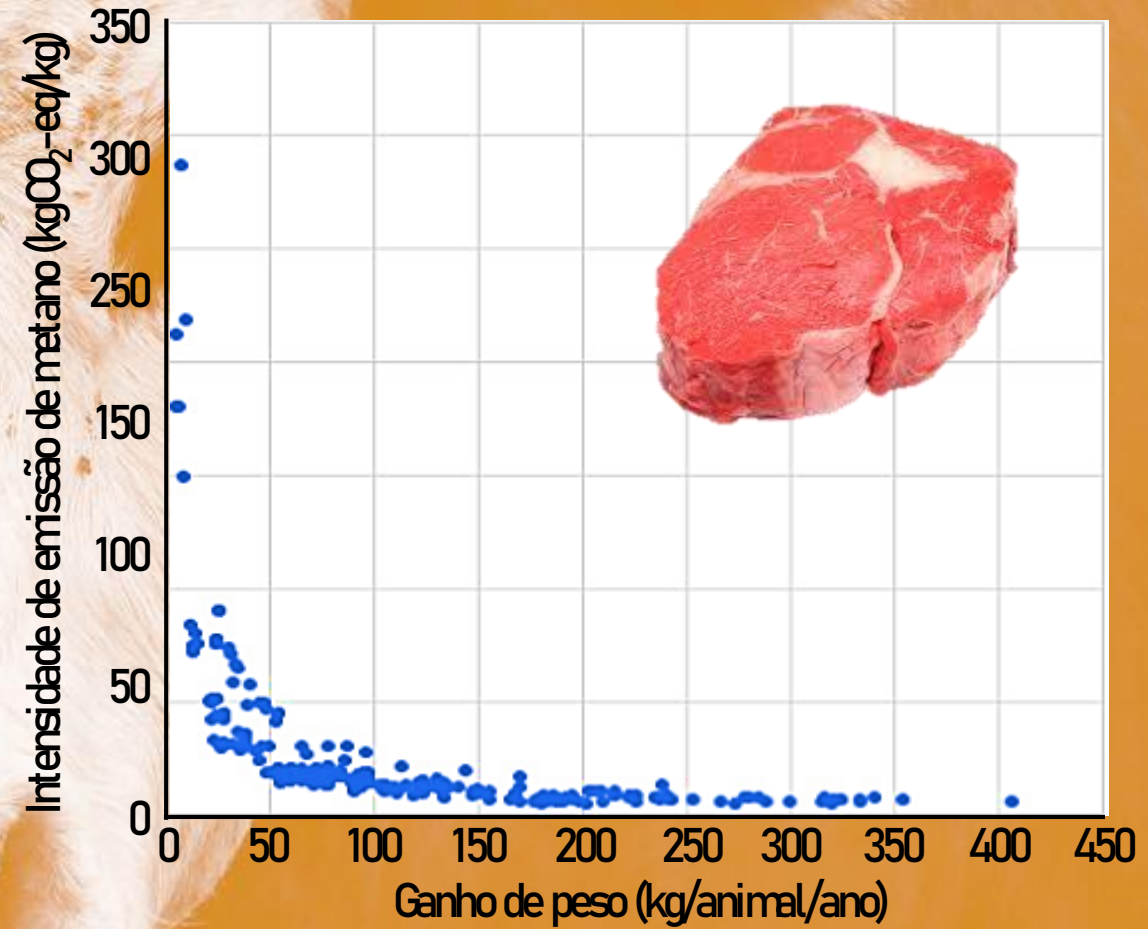
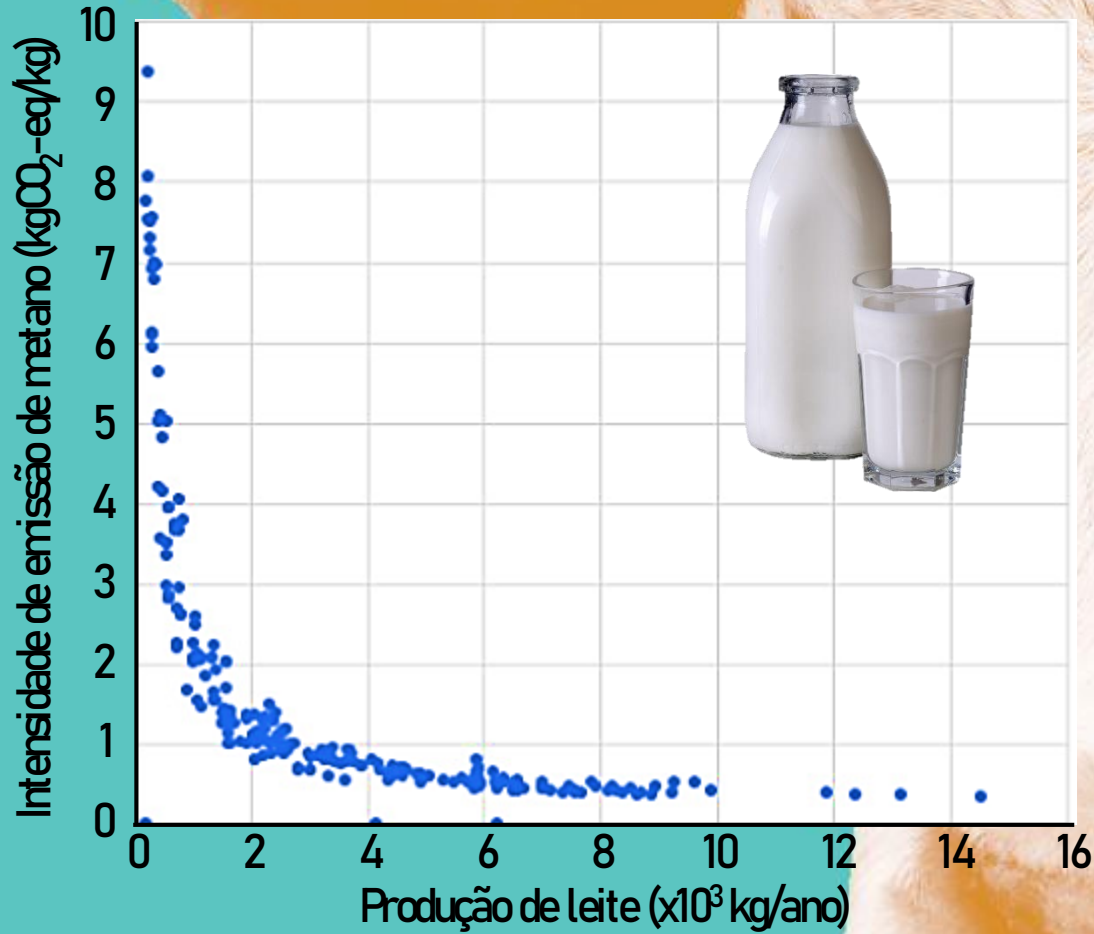
SELEÇÃO E MELHORAMENTO ANIMAL

EFICIÊNCIA ALIMENTAR

DESEMPENHO

PRECOCIDADE

ADAPTAÇÃO



Adaptado de: Searchinger, Herrero, Yan, Wang, Dumas Beauchemin e Kebreab (2021) Opportunities to reduce methane emissions from global agriculture.

AUMENTO DE ESTOQUE DE CARBONO



Pastagens – 2ª maior sequestradora de C



AUMENTO DE ESTOQUE DE CARBONO



**SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM
INTEGRAÇÃO**








 OPEN ACCESS

PNAS

RESEARCH ARTICLE | SUSTAINABILITY SCIENCE

Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 °C target by 2030 but not 2050

Claudia Arndt^{a,1} , Alexander N. Hristov^b , William J. Price^c, Shelby C. McClelland^d , Amalia M. Pelaez^{b,e} , Sergio F. Cueva^b, Joonpyo Oh^b , Jan Dijkstra^e , André Bannink^e, Ali R. Bayat^f , Les A. Crompton^g , Maguy A. Eugène^h , Dolapo Enahoro^a , Ermias Kebreabⁱ , Jolien B. Venemanⁿ, David R. Yáñez-Ruiz^o, and Zhongtang Yu^p 

Edited by Akkihebbal Ravishankara, Colorado State University, Fort Collins, CO; received June 25, 2021; accepted February 8, 2022

420 ARTIGOS

98 ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO
DIVIDIDAS EM 3 CATEGORIAS

63 ESTRATÉGIAS NÃO SIGNIFICATIVAS

ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DE METANO



MANEJO

- Aumento do consumo
- Qualidade da forragem
- Ambiência
- Dietas completas
- Processamento
- Seleção genética
- Saúde animal
- Manejo de pastagens

FORMULAÇÃO DE DIETAS

- Coprodutos
- Rel. Volumosa:Conc
- Minerais e sais
- Óleos
- Oleaginosas
- NNP
- Óleos essenciais
- Metabólitos secundários

MANIPULAÇÃO DO RÚMEN

- Aditivos
- Defaunação
- Drenos de hidrogênio

	ESTRATÉGIAS MITIGADORAS	POTENCIAL REDUÇÃO DAS EMISSÕES		SISTEMA DE PRODUÇÃO	
REDUÇÕES COM BASE NA PRODUÇÃO	1 AUMENTO NO NÍVEL DE CONSUMO	CH ₄ POR KG DE LEITE	-17%		
		CH ₄ POR KG GANHO	SEM DADOS		
	2 REDUÇÃO DA MATURIDADE DAS FORRAGENS	CH ₄ POR KG DE LEITE	-13%		
	CH ₄ POR KG GANHO	SEM DADOS			
	3 REDUÇÃO DA RELAÇÃO VOLUME:CONCENTRADO	CH ₄ POR KG DE LEITE	-9%		
		CH ₄ POR KG GANHO	-9%		
REDUÇÕES ABSOLUTAS	1 INIBIDORES DE METANOGENESE	LEITE -32%	CH ₄ /DIA -35%		
		CARNE SEM DADOS	Ym -34%		
	2 FORRAGENS TANNÍFERAS	LEITE -18%	CH ₄ /DIA -12%		
		CARNE SEM DADOS	Ym -10%		
	3 DRENOS DE HÍDROGÊNIO	LEITE -13%	CH ₄ /DIA -17%		
	CARNE -12%	Ym -15%			
4 USO DE LIPÍDIOS	LEITE -12%	CH ₄ /DIA -19%			
	CARNE -22%	Ym -15%			
5 OLEAGINOSAS	LEITE -12%	CH ₄ /DIA -20%			
	CARNE SEM EFEITO	Ym -14%			
	SISTEMA DE PRODUÇÃO				

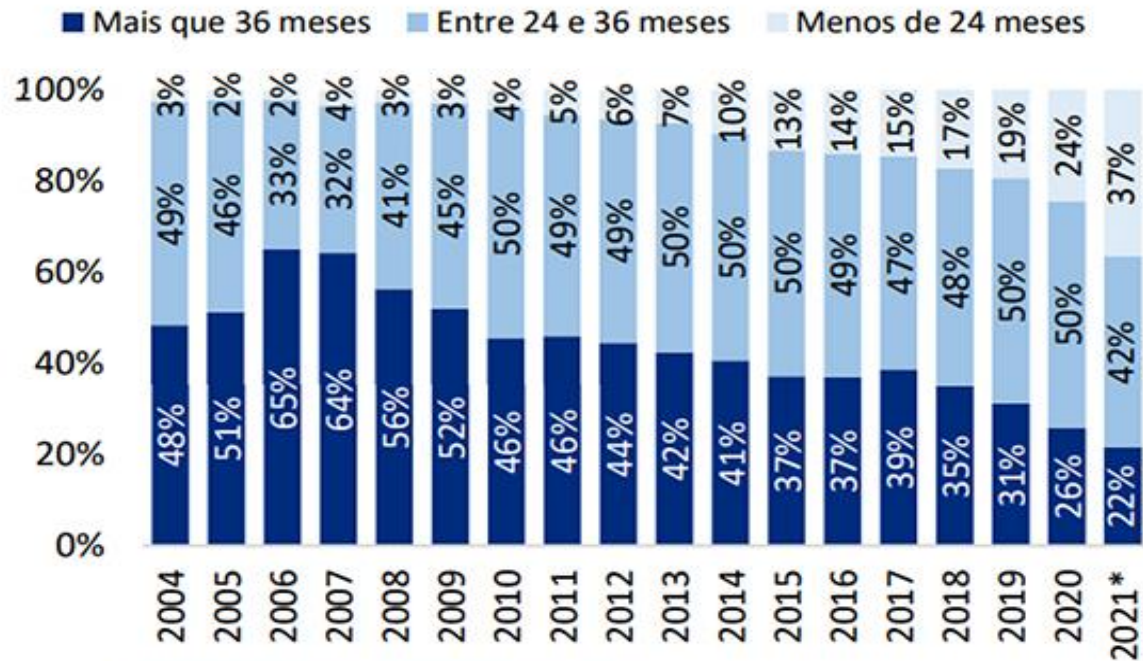
EFEITO DO TRATAMENTO NO DESEMPENHO ANIMAL

ESTRATÉGIAS MITIGADORAS		CONSUMO	DIGESTIB	LEITE	GPD
REDUÇÕES RELATIVAS	1 AUMENTO NO NÍVEL DE CONSUMO	+58%	-7%	+17%	+162%
	2 REDUÇÃO DA MATURIDADE DAS FORRAGENS	semefeito	+15%	+9%	sem dados
	3 REDUÇÃO DA RELAÇÃO VOLUMOSO:CONCENTRADO	+9%	semefeito	+17%	+21%
REDUÇÕES ABSOLUTAS	1 INIBIDORES DE METANOGENESE	semefeito	semefeito	semefeito	semefeito
	2 FORRAGENS TANNÍFERAS	semefeito	-7%	semefeito	semefeito
	3 DRENOS DE HÍDROGÊNIO	-2%	semefeito	+3%	semefeito
	4 USO DE LIPÍDIOS	-6%	-4%	semefeito	semefeito
	5 OLEAGINOSAS	semefeito	-8%	semefeito	-13%

EMISSÃO POR MENOS TEMPO



Proporção da idade de abate de bovinos em Mato Grosso



Elaborado pelo Imae com base nos dados do Indea

Emissão de CH₄ - METANO

2011 – Emissão de **135 kg CH₄/animal abatido**



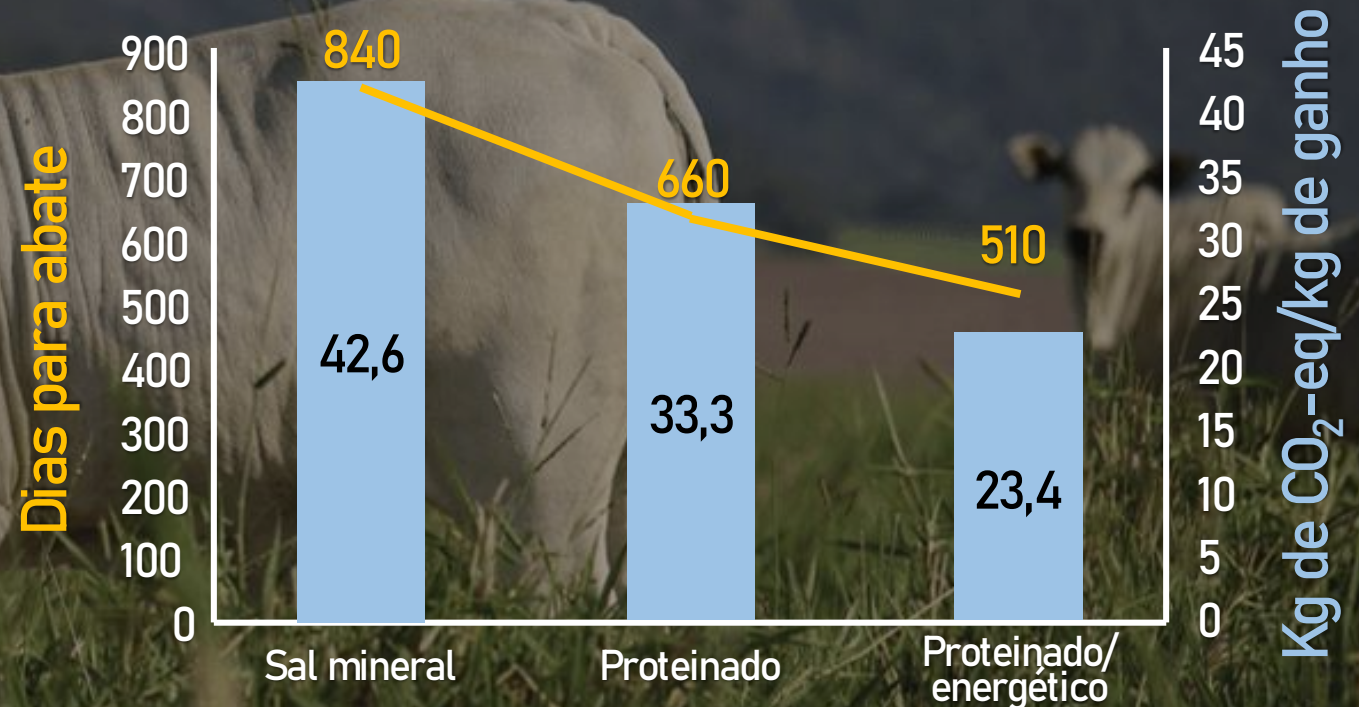
Redução de **10,4%**
do volume total
emitido por animal
abatido

2021 – Emissão de **121kg CH₄/animal abatido**

EMISSÃO POR MENOS TEMPO



Idade ao abate e emissões de metano em três estratégias nutricionais

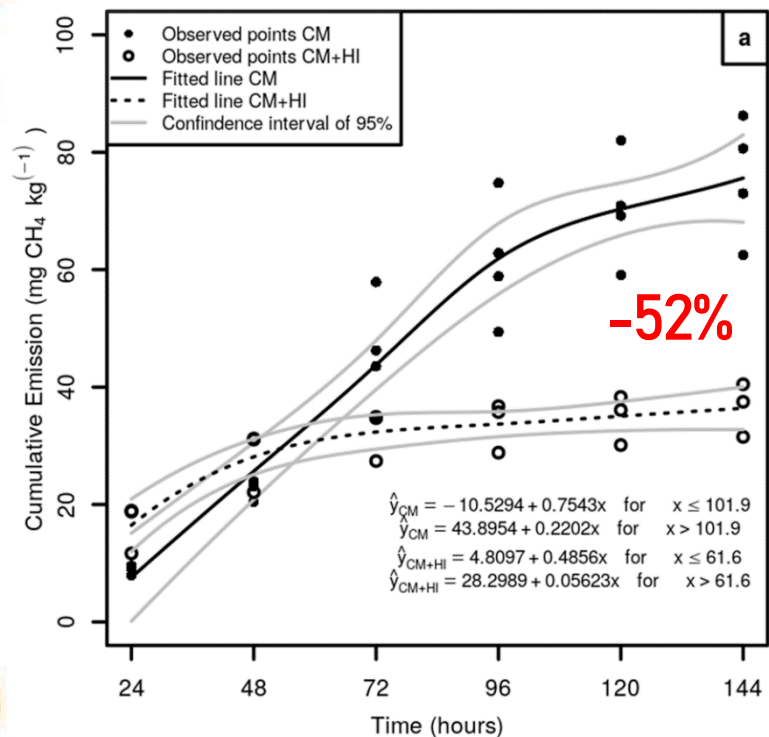


Adaptado de: Sérgio Raposo de Medeiros (sem data). Carne carbono zero. Rural Pecuária. In: <https://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/artigos/carne-carbono-zero.html>

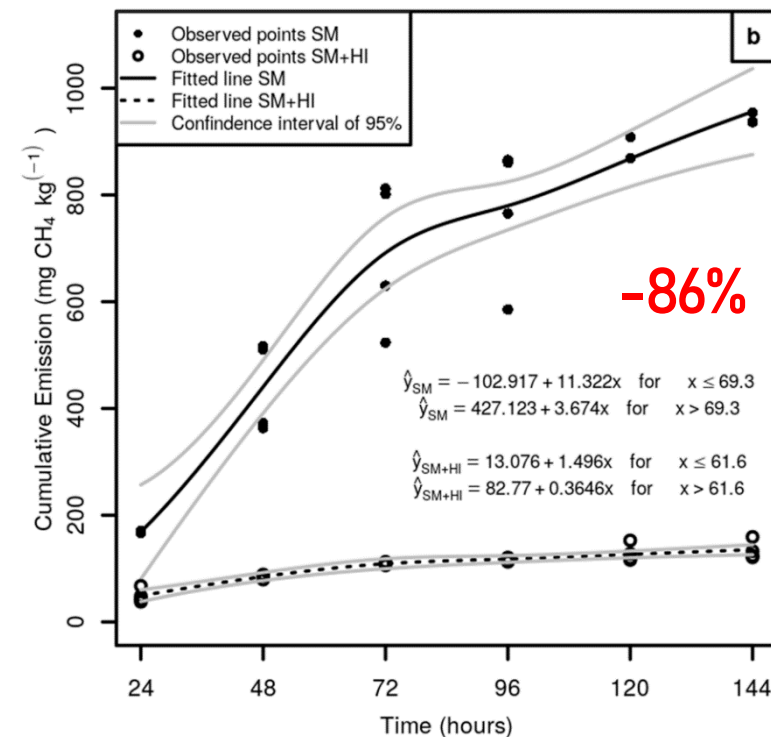
DIMINUIÇÃO DAS EMISSÕES DOS DEJETOS



Esterco bovino



Esterco suíno



Adaptado de: Matos, Araújo, Allaman, Lôbo, Oliva, Tavares e Almeida Neto (2021) Evaluation of the reduction of methane emission in swine and bovine manure treated with black soldier fly larvae. Environmental Monitoring and Assessment, v. 193



PRODUTIVIDADE ANIMAL



RECUPERAÇÃO DE
PASTAGENS
DEGRADADAS

MANEJO DE
PASTAGENS

SISTEMAS DE
INTEGRAÇÃO COM
LAVOURA E FLORESTA



CORREÇÃO DE SOLOS

USO DE
BIOFERTILIZANTES
EM PASTAGENS

MELHORAMENTO
GENÉTICO

EFICIÊNCIA
REPRODUTIVA

DIMINUIÇÃO DO CICLO
DE PRODUÇÃO

DESMAME DE ANIMAIS
MAIS PESADOS

USO DE ADITIVOS E
MELHORADORES DE
DESEMPENHO

ABATE DE ANIMAIS
MAIS JOVENS

SUPLEMENTAÇÃO EM
PERÍODOS
ESTRATÉGICOS

SEMICONFINAMENTO E
CONFINAMENTO

DIMINUIR A RELAÇÃO
VOL:CONC

SAÚDE ANIMAL

USO DE
LEGUMINOSAS

EFICÁCIA: oportunidade limitada e meta objetiva

EFICIÊNCIA: recursos limitados – otimização



PRODUÇÃO ANIMAL

MERCADO CONSUMIDOR



ineficaz
ineficiente



eficaz
ineficiente



ineficaz
eficiente



eficaz
eficiente



Ives Cláudio da Silva Bueno
Professor Associado
FZEA-USP
ivesbueno@usp.br



USP - FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENG. DE ALIMENTOS

**OBRIGADO
PELA
ATENÇÃO!**