

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 19/05/2023.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EMISSÕES DE AMÔNIA, ÓXIDO NITROSO E METANO DE
EXCRETAS DE BOVINOS CONFINADOS RECEBENDO
DIETAS COM PROTEÍNA NÃO DEGRADÁVEL NO RÚMEN**

Larissa de Melo Coelho
Zootecnista

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EMISSÕES DE AMÔNIA, ÓXIDO NITROSO E METANO DE
EXCRETAS DE BOVINOS CONFINADOS RECEBENDO
DIETAS COM PROTEÍNA NÃO DEGRADÁVEL NO RÚMEN**

Larissa de Melo Coelho

Orientadora: Profa. Dra. Telma Teresinha Berchielli

Co-orientador: Dr. Abmael da Silva Cardoso

Co-orientadora: Dra. Juliana Duarte Messana

Co-orientadora: Dra. Liziane de Figueiredo Brito

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia

2021

C672e Coelho, Larissa de Melo
Emissões de amônia, óxido nitroso e metano de excretas de bovinos confinados recebendo dietas com proteína não degradável no rúmen / Larissa de Melo Coelho. -- Jaboticabal, 2021
50 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Telma Teresinha Berchielli

1. Nutrição animal. 2. Gases de efeito estufa. 3. Nitrogênio na nutrição animal. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EMISSÕES DE AMÔNIA, ÓXIDO NITROSO E METANO DE EXCRETAS DE BOVINOS CONFINADOS RECEBENDO DIETAS COM PROTEÍNA NÃO DEGRADÁVEL NO RÚMEN

AUTORA: LARISSA DE MELO COELHO
ORIENTADORA: TELMA TERESINHA BERCHIELLI
COORIENTADORA: LIZIANE DE FIGUEIREDO BRITO
COORIENTADOR: ABMAEL DA SILVA CARDOSO
COORIENTADORA: JULIANA DUARTE MESSANA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Liziane de Figueiredo Brito

Pós-doutoranda LIZIANE DE FIGUEIREDO BRITO (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Liziane de Figueiredo Brito

Pós-Doutoranda AMÉLIA KATIANE DE ALMEIDA (Participação Virtual)
University of New England (UNE) / Armidale-Nova Gales do Sul/Austrália

Liziane de Figueiredo Brito

Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 19 de maio de 2021

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

LARISSA DE MELO COELHO, filha de Vanderlei Borges Coelho e Jania Maria Moreira de Melo Coelho. Nasceu em 20 de setembro de 1996 em Carmo do Paranaíba, Minas Gerais, e ingressou no curso de Zootecnia no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) no ano de 2014. Durante a graduação, fez estágios na área de nutrição animal, participou de projetos de pesquisa, foi bolsista de Iniciação Científica, foi membro vice-presidente do Diretório Acadêmico de Zootecnia de 2016 a 2017 e graduou-se em janeiro de 2019. Em março de 2019, ingressou no programa de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Jaboticabal, sob orientação da Profa. Dra. Telma Teresinha Berchielli. Foi bolsista da FAPESP e do CNPq. Submeteu-se à defesa da dissertação em maio de 2021.

EPÍGRAFE

O que conta não é o que parece plausível, não o que gostaríamos de acreditar, não o que uma ou duas testemunhas reivindicam, mas apenas o que é apoiado por evidências rigorosas e examinadas de forma cética. Alegações extraordinárias exigem evidências extraordinárias

Carl Sagan

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Vanderlei e Jania, pelo amor, dedicação, compreensão e pelo exemplo de pessoa que são.

Ao meu irmão Vanderlei Junior, pelo apoio.

À toda minha família, pelo amor, carinho e incentivo aos estudos.

Aos professores Flavio Moreira de Almeida e Hélio Henrique Vilela, pelo incentivo.

Aos meus amigos Rogerio, Iágo, Geovany e Thais, pelo apoio e amizade.

Ao Rodrigo, pelo amor, dedicação e por me ajudar a encarar os desafios da pesquisa.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Campus de Jaboticabal, pela oportunidade de aprimoramento profissional.

À Professora Telma Teresinha Berchielli, pela confiança em meu trabalho e pelas oportunidades.

Aos meus coorientadores Abmael da Silva Cardoso, Juliana Duarte Messana e Liziane de Figueiredo Brito, pela paciência, conselhos, confiança e ensinamentos a mim dedicados durante todas as etapas do mestrado.

A todos professores da UNESP Campus Jaboticabal, pelos ensinamentos.

Aos membros do grupo de pesquisa Genru, UnespFor, FertLab e aos colegas da pós-graduação, pela amizade, ajuda e incentivos.

Às Doutoras Mara Cristina Pessôa da Cruz e Amélia Katiane Almeida, pelos ensinamentos, apoio e por aceitarem participar da banca examinadora de defesa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos, Processo nº 2019/11864-2.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos, Processo nº 130981/2019-2.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
Introdução.....	1
Revisão de literatura.....	2
Metabolismo de nitrogênio em ruminantes.....	2
Mudanças climáticas.....	4
Emissão de óxido nitroso.....	5
Emissão de metano.....	8
Emissão de amônia.....	9
Referências.....	10
CAPÍTULO 2 – Effects of sources of rumen undegradable protein on nitrous oxide, methane and ammonia emission from the manure of feedlot-finished cattle.....	18
Abstract.....	19
1. Introduction.....	20
2. Material and Methods.....	21
2.1. Site description.....	21
2.2. Experimental design.....	21
2.3. Evaluation of N ₂ O and CH ₄ emissions.....	23
2.4. Evaluation of NH ₃ emission.....	24
2.5. Manure analysis.....	25
2.6. Estimation of fecal and urinary production and N balance.....	25
2.7. Statistics.....	26
3. Results.....	27
3.1. Characterization of animals' excreta and N balance.....	27
3.2. Gases emission.....	28
3.3. NH ₃ emission.....	33
4. Discussion	36

4.1. Gases emission	40
4.2. NH ₃ emission.....	41
5. Conclusion.....	43
Declaration of competing interest.....	43
Acknowledgment.....	43
References.....	43

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS




CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “**Impacto da proteína metabolizável na produção de bovinos de corte e emissão de gases do efeito estufa**”, protocolo nº 16.688/16, sob a responsabilidade da Prof^a Dr^a Telma Teresinha Berchielli, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 04 de novembro de 2016.

Vigência do Projeto	01/03/2017 a 01/03/2022
Espécie / Linhagem	<i>Bos indicus</i> (Bovino Nelore)
Nº de animais	112
Peso / Idade	200 kg
Sexo	Machos
Origem	Fazenda

Jaboticabal, 04 de novembro de 2016.


Profª Drª Lizandra Amoroso
 Coordenadora – CEUA

EMISSÕES DE AMÔNIA, ÓXIDO NITROSO E METANO DE EXCRETAS DE BOVINOS CONFINADOS RECEBENDO DIETAS COM PROTEÍNA NÃO DEGRADÁVEL NO RÚMEN

Resumo – A inclusão de níveis mais elevados de proteína não degradável no rúmen (PNDR) em dietas para bovinos é adotada como estratégia para melhorar a eficiência do uso de aminoácidos e reduzir a excreção de nitrogênio (N) no meio ambiente. Assim, é necessário avaliar o efeito de fontes de PNDR em dietas sobre as emissões de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) e amônia (NH₃) nas excretas de bovinos criados em confinamento. A hipótese avaliada foi que o uso de fontes de PNDR na dieta dos animais poderia reduzir a eliminação de N pela urina e contribuir para a redução de N₂O, CH₄ e NH₃ no meio ambiente. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com nove repetições por baía (câmaras de avaliações de N₂O, CH₄ e NH₃ das excretas, considerando fezes e urina) dispostas em uma área de 65m², próximo aos comedouros, onde o esterco foi depositado mais frequentemente. As excretas avaliadas foram provenientes de animais Nelore alimentados com três tratamentos: Farelo de Soja Protegido (FSP, fonte PNDR), Glúten de Milho (GM, fonte PNDR), ou Farelo de Soja (FS, fonte de PDR,). O confinamento teve duração de 112 dias, durante os quais foram realizadas as coletas semanais de N₂O e CH₄. Após a saída dos animais do confinamento, foi realizada coleta de NH₃ durante 77 dias. As fontes proteicas utilizadas na dieta não afetaram a concentração de N e C na urina, a concentração de C nas fezes e o balanço de N (P > 0,05). Houve uma relação C/N mais elevada de fezes (P < 0.001) e urina (P < 0.001) na fonte FSP do que a fonte GM e uma concentração mais elevada de N nas fezes na fonte GM do que na fonte FSP (P = 0,012). O esterco de animais alimentados com fontes PNDR (GM e FSP) apresentou maior concentração de N (P = 0,036) e amônio (P = 0.001) em relação à fonte de FS. Porém, as fontes PNDR apresentaram menor relação C/N em relação à fonte FS (P = 0,001). As fontes PNDR resultaram em maior emissão de N₂O do que a fonte PDR (P = 0,030), enquanto FSP resultou em maior emissão de N₂O do que GM (P = 0,038) (FS = 633, FSP = 2521 e GM = 1153 g ha⁻² N-N₂O); entretanto, não houve diferenças nas emissões de CH₄ e NH₃ (P > 0,05). Em conclusão, o uso de PNDR em dietas não afetou a excreção de N dos animais ou a emissão de CH₄ e NH₃ do esterco, mas aumentou a emissão de N₂O do esterco.

Palavras-chave: fezes, gases de efeito estufa, Nelore, nitrogênio, urina.

EMISSIONS OF AMMONIA, NITROUS OXIDE AND METHANE FROM THE MANURE OF FEEDLOT-FINISHED CATTLE RECEIVING DIETS WITH RUMEN UNDEGRADABLE PROTEIN

Abstract – The inclusion of higher levels of rumen undegradable protein (RUP) in bovine diet is adopted as a strategy to improve the efficiency use of amino acids, and reduce nitrogen (N) excretion to the environment. Thus, it is necessary to evaluate the effect of sources of RUP in diets on methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O) and ammonia (NH₃) emissions in the manure of feedlot-finished cattle. The evaluated hypothesis was that the use of different RUP sources in diet would reduce N loss via urine and contribute to a reduced N₂O, CH₄ and NH₃ emission to the environment. The experimental design was completely randomized, with nine replicates per pen (chambers for the evaluation of N₂O, CH₄ and NH₃ emissions from manure, considering feces and urine), arranged in an area of 65 m², near the feeders, where the manure was deposited the most frequently. Manure came from Nellore animals fed with three treatments as follows: soybean meal (SM, RDP source), by-pass soybean meal (BSM, RUP source) and corn gluten meal (CGM, RUP source). The confinement lasted 112 days, during which weekly samplings of N₂O and CH₄ were performed. After removing the animals from feedlots, NH₃ emission was evaluated during 77 days. The protein sources used in the diet did not affect the N and C concentration in urine, C concentration in feces, and N balance ($P > 0.05$). There was a higher C/N of feces ($P < 0.001$) and urine ($P < 0.001$) in the BSM source than the CGM source and a higher concentration of N in the feces in the CGM source than the BSM source ($P = 0.012$). The manure from animals fed with sources of RUP (BSM and CGM) presented higher concentration of N ($P = 0.036$) and ammonium ($P = 0.001$) compared to SM source. However, RUP sources presented lower C/N in relation to SM source ($P = 0.001$). The RUP sources resulted in a higher N₂O emission than the RDP source ($P = 0.030$), while BSM resulted in a higher N₂O emission than CGM ($P = 0.038$) (SM = 633, BSM = 2521, and CGM = 1153 g ha⁻² N-N₂O); however, there were no differences in CH₄ and NH₃ emissions ($P > 0.05$). In conclusion, the use of RUP in diets did not affect N excretion of animals or CH₄ and NH₃ emission from manure, but increased N₂O emission from the manure.

Keywords: feces, greenhouse gases, Nellore, nitrogen, urine.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

INTRODUÇÃO

A produção de animais ruminantes é fonte de perdas gasosas de N na forma de óxido nitroso (N_2O) e amônia (NH_3), e emissões de metano (CH_4) derivado das excretas (O'Mara, 2011), pois esses animais são responsáveis por deposição de excretas contendo componentes passíveis de transformações, principalmente o N, que propiciam condições para a produção de gases e NH_3 (Galloway, et al., 2004). O nitrogênio excretado em excesso é um potente poluente ambiental e prejudicial à saúde de animais e humanos (Wang et al., 2018). Portanto, estratégias de redução de N excretado no ambiente devem ser estudadas, a fim de melhorar a eficiência do sistema produtivo e reduzir o impacto ambiental.

A excessiva perda de N pelos ruminantes é associada principalmente ao metabolismo de proteína bruta (PB) no rúmen, onde a degradação da PB resulta na liberação de NH_3 , a qual pode ser utilizada por microrganismos ruminais. Quando há excesso de N em relação à energia no rúmen, aumenta a concentração ruminal de NH_3 , a qual é absorvida através da parede ruminal, convertida em ureia no fígado e excretada via urina ou então reciclada ao rúmen via saliva (Muck, 1982; Schwab e Broderick, 2017). Cerca de 50 a 80% do N consumido pelo animal é excretado, sendo 45 a 70% via urina, principalmente na forma de ureia, e os demais, 30 a 55%, nas fezes (Koenig et al., 2013). Estudos demonstram que a quantidade de N nas excretas influencia a emissão de N_2O (Dijkstra et al., 2013a; De Klein et al., 2014; Cardoso et al., 2017), de CH_4 (Pelster et al., 2016; Cardoso et al., 2018; Bretas et al., 2020) e de NH_3 (Hristov et al., 2011; Todd et al., 2015). Portanto, estratégias de redução de N excretado implicam diretamente a modificação da emissão desses poluentes.

Entre as estratégias para reduzir as perdas de N urinário é recomendado reduzir a concentração proteica da dieta (Burgos et al., 2007) ou reduzir a taxa de degradação de proteína no rúmen (Paengkoum et al., 2004). Porém, a degradação de proteína no rúmen e a reciclagem de N devem suprir a necessidades da microbiota para síntese de proteína microbiana (Pmic), e esta juntamente com a proteína não degradável no rúmen (PNDR) atende aos requisitos de proteína

metabolizável do animal (Calsamiglia et al., 2010). A manipulação da dieta visando à redução da proteína degradável no rúmen (PDR) e a adição de PNDR é uma estratégia que possibilita alteração da rota de excreção de N, com a redução da excreção via urina (Rehman, et al., 2020).

No entanto, a substituição de parte da PDR por PNDR carece de informações quanto ao seu efeito sobre a emissão de gases de efeito estufa (GEE) nas excretas. O entendimento entre dietas que visam a maior eficiência do uso de N e à redução da emissão de GEE e NH_3 nas excretas é necessário para fornecer dados precisos a serem usados no manejo do sistema de produção como um todo.

São escassos os trabalhos que quantificaram a emissão de N_2O , CH_4 e NH_3 em sistemas de confinamento em climas tropicais. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito de fontes de PNDR na dieta animal sobre a emissão de N_2O , CH_4 e NH_3 de excretas de bovinos Nelore terminados em confinamento. Hipotetizou-se que o uso de PNDR na dieta animal pode diminuir a eliminação de N via urina e contribuir para a redução das emissões de N_2O , CH_4 e NH_3 no ambiente.

Referências

- Bach, A., Calsamiglia, S., Stern, M. D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.9-21, 2005.
- Baral, K. R., Thomsen, A. G., Olesen, J. E., Petersen, S. O. Controls of nitrous oxide emission after simulated cattle urine deposition. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 188, p. 103-110, 2014.
- Bougouin, A., Leytem, A., Dijkstra, J., Dungan, R. S., Kebreab, E. Nutritional and Environmental Effects on Ammonia Emissions from Dairy Cattle Housing: A Meta-Analysis. **Journal of Environment Quality**, v. 45, n. 4, p. 1123- 1132, 2016.
- Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil** 5-ed. Brasília, 2020.
- Bretas, I. L., Paciullo, D. S., Alves, B. J., Martins, M. R., Cardoso, A. S., Lima, M. A., Rodrigues, R. A. R., Silva, F. F., Chizzotti, F. H. Nitrous oxide, methane, and ammonia emissions from cattle excreta on *Brachiaria decumbens* growing in monoculture or silvopasture with *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis*. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 295, p. 106896, 2020.
- Buis, A. The Atmosphere: Getting a Handle on Carbon Dioxide. NASA. **Global Climate Change**. Retrieved May, 2019.
- Burgos, S. A., Fadel, J. G., DePeters, E. J. Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to urine urea nitrogen excretion. **Journal of dairy science**, v. 90, n. 12, p. 5499-5508, 2007.
- Bussink, D. W., Oenema, O. Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 51, n. 1, p. 19-33, 1998.
- Cáceres, R., Malińska, K., Marfà, O. Nitrification within composting: A review. **Waste Management**, v. 72, p. 119-137, 2017.
- Cai, Y., Chang, S. X., Cheng, Y. Greenhouse gas emissions from excreta patches of grazing animals and their mitigation strategies. **Earth-Science Reviews**, v. 171, p. 44-57, 2017.

Cai, Z., Shan, Y., Xu, H. Effects of nitrogen fertilization on CH₄ emissions from rice fields. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 53, n. 4, p. 353-361, 2007.

Calsamiglia, S., Ferret, A., Reynolds, C. K., Kristensen, N. B., Van Vuuren, A. M. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. **Animal: an international journal of animal bioscience**, v. 4, n. 7, p. 1184, 2010.

Cardoso, A. S., Quintana, B. G., Januszkiewicz, E. R., Brito, L. F.; Silva, E M., Reis, R. A., Ruggieri, A. C. N₂O emissions from urine-treated tropical soil: Effects of soil moisture and compaction, urine composition, and dung addition. **Catena**, v. 157, p. 325-332, 2017.

Cardoso, A. S., Quintana, B. G., Januszkiewicz, E. R., Brito, L. F., Silva, E M., Reis, R. A., Ruggieri, A. C. How do methane rates vary with soil moisture and compaction, N compound and rate, and dung addition in a tropical soil? **International Journal of Biometeorology**, v. 63, n. 11, p. 1533-1540, 2018.

Cavigelli, M. A., Grosso, S. J. D., Liebig, M. A., Snyder, C. S., Fixen, P. E., Venterea, R. T., Leytem, A. B., McLain, J. E., Watts, D. B. US agricultural nitrous oxide emissions: context, status, and trends. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 10, n. 10, p. 537-546, 2012.

Chadwick, D., Sommer, S., Thorman, R., Fanguero, D., Cardenas, L., Amon, B., & Misselbrook, T. Manure management: Implications for greenhouse gas emissions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 514-531, 2011.

Chadwick, D. R., Cardenas, L. M., Dhanoa, M. S., Donovan, N., Misselbrook, T., Williams, J. R., Thorman, R. E., McGeough, K. L., Watson, C. J., Bell, M., Anthony, S.G., Rees, R. M. The contribution of cattle urine and dung to nitrous oxide emissions: Quantification of country specific emission factors and implications for national inventories. **Science of the Total Environment**, v. 635, p. 607-617, 2018.

Chen, Y., Cheng, J. J., Creamer, K. S. Inhibition of anaerobic digestion process: a review. **Bioresource technology**, v. 99, n. 10, p. 4044-64, 2008.

Cole, N. A., Clark, R. N., Todd, R. W., Richardson, C. R., Gueye, A., Greene, L. W., McBride, K. Influence of dietary crude protein concentration and source on potential ammonia emissions from beef cattle manure. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 3, p. 722-731, 2005.

De Klein, C. A. M., Eckard, R. J. Targeted technologies for nitrous oxide abatement from animal agriculture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 14-20, 2008.

De Klein, C. A., Luo, J., Woodward, K. B., Styles, T., Wise, B., Lindsey, S., Cox, N. The effect of nitrogen concentration in synthetic cattle urine on nitrous oxide emissions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 188, p. 85-92, 2014.

Dijkstra, J., Oenema, O., Van Groenigen, J. W., Spek, J. W., Van Vuuren, A. M., Bannink, A. Diet effects on urine composition of cattle and N₂O emissions. **Animal**, v. 7, n. Suppl 2, p. 292-302, 2013a.

Dijkstra, J., Reynolds, C. K., Kebreab, E., Bannink, A., Ellis, J. L., France, J., Van Vuuren, A. M. Challenges in ruminant nutrition: towards minimal nitrogen losses in cattle. **In: Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.** p. 47-58, 2013b.

Dijkstra, J., Oenema, O., Bannink, A. Dietary strategies to reducing N excretion from cattle: implications for methane emissions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, n. 5, p. 414-422, 2011.

Edouard, N., Charpiot, A., Robin, P., Lorinquer, E., Dollé, J. B., Faverdin, P. Influence of diet and manure management on ammonia and greenhouse gas emissions from dairy barns. **animal**, v. 13, n. 12, p. 2903-2912, 2019.

Elsgaard, L., Olsen, A. B., Petersen, S. O. Temperature response of methane production in liquid manures and co-digestates. **Science of the Total Environment**, v. 539, p. 78-84, 2016.

Galloway, J. N., Dentener, F. J., Capone, D. G., Boyer, E. W., Howarth, R. W., Seitzinger, G. P., Asner, G. P., Cleveland, C. C., Green, P. A., Holland, E. A., Karl, D. M., Michaels, A. F., Porter, J. H., Townsend, A. R., Vöosmarty, C. J. Nitrogen cycles: past, present, and future. **Biogeochemistry**, v. 70, n. 2, p. 153-226, 2004.

Griffin, T. S., He, Z., Honeycutt, C. W. Manure composition affects net transformation of nitrogen from dairy manures. **Plant and Soil**, v. 273, n. 1-2, p. 29-38, 2005.

Groenestein, C. M., Hutchings, N. J., Haenel, H. D., Amon, B., Menzi, H., Mikkelsen, M. H., Misselbrook, T. H., Van Bruggen, C., Kupper, T., Webb, J. Comparison of ammonia emissions related to nitrogen use efficiency of livestock production in Europe. **Journal of cleaner production**, v. 211, p. 1162-1170, 2019.

Haynes, R. J., Williams, P. H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **In: Advances in agronomy.** Academic Press, p. 119-199, 1993.

Hristov, A. N., Jouany, J. P. Factors affecting the efficiency of nitrogen utilization in the rumen. **In: Nitrogen and phosphorus nutrition of cattle and environment.** CAB International Wallingford, p. 117-166, 2005.

Hristov, A. N., Hanigan, M., Cole, A., Todd, R., Mcallister, T. A., Ndegwa, P. M., Rotz, A. Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 91, p. 1-35, 2011.

Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijikata, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren G. Zhou. Impacts of 1.5 C global warming on natural and human systems. **Global warming of 1.5° C**. An IPCC Special Report, 2018.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019 Refinement to the IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: **Emissions from livestock and manure management**, Geneva, Switzerland, 2019.

Jarvis, S. C., Lovell, R. D., Panayides, R. Patterns of methane emission from excreta of grazing animals. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, n. 12, p. 1581-1588, 1995.

Kiran, E. U., Trzcinski, A. P., Ng, W. J., Liu, Y. Bioconversion of food waste to energy: A review. **Fuel**, v. 134, p. 389–399, 2014.

Koenig, K. M., Mcginn, S. M., Beauchemin, K. A. Ammonia emissions and performance of backgrounding and finishing beef feedlot cattle fed barley-based diets varying in dietary crude protein concentration and rumen degradability. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 5, p. 2278-2294, 2013.

Lapierre, H., Pacheco, D., Berthiaume, R., Ouellet, D. R., Schwab, C. G., Dubreuil, Holtrop P., Lobley G. E. What is the true supply of amino acids for a dairy cow? **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. E1-E14, 2006.

Lee, C., Hristov, A. N., Cassidy, T., Heyler, K. Nitrogen isotope fractionation and origin of ammonia nitrogen volatilized from cattle manure in simulated storage. **Atmosphere**, v. 2, n. 3, p. 256-270, 2011.

Li, M. M., Titgemeyer, E. C., Hanigan, M. D. A revised representation of urea and ammonia nitrogen recycling and use in the Molly cow model. **Journal of dairy science**, v. 102, n. 6, p. 5109-5129, 2019.

Li, S., Song, L., Gao, X., Jin, Y., Liu, S., Shen, Q., Zou, J. Microbial abundances predict methane and nitrous oxide fluxes from a windrow composting system. **Frontiers in microbiology**, v. 8, p. 409, 2017.

Liao, W., Liu, C., Gao, Z. Impacts of feedlot floor condition, deposition frequency, and inhibitors on N₂O and CH₄ emissions from feedlot dung and urine patches. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 68, n. 7, p. 700-712, 2018.

Licitra, G., Hernandez, T. M., Van Soest, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

López-Aizpún, M., Horrocks, C. A., Charteris, A. F., Marsden, K. A., Ciganda, V. S., Evans, J. R., D. R. Chadwick; Cárdenas, L. M. Meta-analysis of global livestock urine-derived nitrous oxide emissions from agricultural soils. **Global change biology**, v. 26, n. 4, p. 2002-2013, 2020.

Mazzetto, A. M., Barneze, A. S., Feigl, B. J., Van Groenigen, J. W., Oenema, O., Cerri, C. C. Temperature and moisture affect methane and nitrous oxide emission from bovine manure patches in tropical conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 76, p. 242-248, 2014.

Mobley, H. L., Hausinger, R. P. Microbial ureases: significance, regulation, and molecular characterization. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 53, n. 1, p. 85-108, 1989.

Møller, H.B., Sommer, S.G., Ahring, B.K. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. **Biomass Bioenergy**, v. 26, n. 5, p. 485-495, 2004.

Monteny, G. J, Bannink, A., Chadwick, D. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 112, n. 2-3, p. 163-170, 2006.

Montes, F., Meinen, R., Dell, C., Rotz, A., Hristov, A. N., Oh, J.; G. Waghorn; P.J. Gerber; B. Handerson; H.P.S. Makkar; Dijkstra, J. Special topics - Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: II. A review of manure management mitigation options. **Journal of animal science**, v. 91, n. 11, p. 5070-5094, 2013.

Moore, K. D., Young, E., Wojcik, M. D., Martin, R. S., Gurell, C., Bingham, G. E., R.L. Pfeiffer, J.H. Prueger, Hatfield, J. L. Ammonia measurements and emissions from a California dairy using point and remote sensors. **Transactions of the ASABE**, v. 57, n. 1, p. 181-198, 2014.

Muck, R. E. Urease activity in bovine feces. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 11, p. 2157-2163, 1982.

NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**, n. 7. rev. ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C, 2016.

O'Mara, F. P. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 7-15, 2011.

Paengkoum, P., Liang, J. B., Jelan, Z. A., Basery, M. Effects of ruminally undegradable protein levels on nitrogen and phosphorus balance and their excretion in Saanen goats fed oil palm fronds. **Songklanakar Journal of Science and Technology**, v. 26, p. 15-22, 2004.

Pelster, D. E., Gisore, B., Goopy, J., Korir, D., Koske, J. K., Rufino, M. C., Butterbach-Bahl, K. Methane and nitrous oxide emissions from cattle excreta on an East African grassland. **Journal of environmental quality**, v. 45, n. 5, p. 1531-1539, 2016.

Powell, J. M., Wattiaux, M. A., Broderick, G. A., Moreira, V. R., Casler, M. D. Dairy diet impacts on fecal chemical properties and nitrogen cycling in soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 3, p. 786-794, 2006.

Powell, J. M.; Broderick, G. A.; Misselbrook, T. H. Seasonal diet affects ammonia emissions from tie-stall dairy barns. **Journal of dairy science**, v. 91, n. 2, p. 857-869, 2008.

Rehman, A., Arif, M., Saeed, M., Manan, A., Al-Sagheer, A., El-Hack, M. E., Swelum, A. A., Alowaimer, A. N. Nutrient digestibility, nitrogen excretion, and milk production of mid-lactation Jersey× Friesian cows fed diets containing different proportions of rumen-undegradable protein. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020.

Reynolds, C. K., Kristensen, N. B. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: an asynchronous symbiosis. **Journal of animal science**, v. 86, n. 14, p. E293-E305, 2008.

Schwab C.G, Broderick G. A. A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 12, p. 10094-10112, 2017.

Shen, J., Treu, R., Wang, J., Thorman, R., Nicholson, F., & Bhogal, A. Modeling nitrous oxide emissions from three United Kingdom farms following application of farmyard manure and green compost. **Science of the Total Environment**, v. 637, p. 1566-1577, 2018.

Singh, J., Kunhikrishnan, A., Bolan, N. S., Saggiar, S. Impact of urease inhibitor on ammonia and nitrous oxide emissions from temperate pasture soil cores receiving urea fertilizer and cattle urine. **Science of the total Environment**, v. 465, p. 56-63, 2013.

Singurindy, O., Molodovskaya, M., Richards, B. K., Steenhuis, T. S., Warland, J. Emission of nitrous oxide from New York state dairy farms. **In: International Symposium on Air Quality and Waste Management for Agriculture**. American Society of Agricultural and Biological Engineers, p. 77, 2007.

Sommer, S. G., Petersen, S. O., Sørensen, P., Poulsen, H. D., Møller, H. B. Methane and carbon dioxide emissions and nitrogen turnover during liquid manure storage. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 78, n. 1, p. 27-36, 2007.

Stern, M. D., Bach, A., Calsamiglia, S. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 8, p. 2256-2276, 1997.

Titgemeyer, E. C. **Amino acid utilization by growing and finishing ruminants.** In: D'Mello, J. P.F., editor, *Amino acids in animal nutrition*, 2nd ed. CAB International, Wallingford, UK. p. 329-346, 2003.

Todd, R. W., Cole, N. A., Hagevoort, G. R., Casey, K. D., Auvermann, B. W. Ammonia losses and nitrogen partitioning at a southern High Plains open lot dairy. **Atmospheric Environment**, v. 110, p. 75-83, 2015.

Torres, M. J., Simon, J., Rowley, G., Bedmar, E. J., Richardson, D. J., Gates, A. J., Delgado, M. J. Nitrous oxide metabolism in nitrate-reducing bacteria: physiology and regulatory mechanisms. **In: Advances in microbial physiology.** Academic Press, p. 353-432, 2016.

Tully, K. L., Abwanda, S., Thiong'o, M., Mutuo, P. M., Rosenstock, T. S. Nitrous oxide and methane fluxes from urine and dung deposited on Kenyan pastures. **Journal of environmental quality**, v. 46, n. 4, p. 921-929, 2017.

Van der Weerden, T. J., Styles, T. M., Rutherford, A. J., De Klein, C. A. M., Dynes, R. Nitrous oxide emissions from cattle urine deposited onto soil supporting a winter forage kale crop. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 60, n. 2, p. 119-130, 2017.

Van Groenigen, J. W., Velthof, G. L., Van Der Bolt, F. J., Vos, A., Kuikman, P. J. Seasonal variation in N₂O emissions from urine patches: effects of urine concentration, soil compaction and dung. **Plant and Soil**, v. 273, n. 1-2, p.15-27, 2005.

Vieira, R. F. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. **Embrapa Meio Ambiente-Livro científico (ALICE)**, Brasília, DF, p. 163, 2017.

Wang, C., Lu, H., Dong, D., Deng, H., Strong, P. J., Wang, H., Wu, W. Insight into the effects of biochar on manure composting: evidence supporting the relationship between N₂O emission and denitrifying community. **Environmental science & technology**, v. 47, n. 13, p. 7341-7349, 2013.

Wang, Y., Li, X., Yang, J., Tian, Z., Sun, Q., Xue, W., Dong, H. Mitigating greenhouse gas and ammonia emissions from beef cattle feedlot production: a system meta-analysis. **Environmental science & technology**, v. 52, n. 19, p. 11232-11242, 2018.

Wang, Y., Liu, S., Xue, W., Guo, H., Li, X., Zou, G., Zhao, T., Dong, H. The characteristics of carbon, nitrogen and sulfur transformation during cattle manure composting—based on different aeration strategies. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 20, p. 3930, 2019.

Wickersham, T. A., Titgemeyer, E. C., Cochran, R. C., Wickersham, E. E. Effect of undegradable intake protein supplementation on urea kinetics and microbial use of recycled urea in steers consuming low-quality forage. **British Journal of Nutrition**, v. 101, n. 2, p. 225-232, 2008.

Witarsa, F., Lansing, S. Quantifying methane production from psychrophilic anaerobic digestion of separated and unseparated dairy manure. **Ecological engineering**, v. 78, p. 95-100, 2015.

World Meteorological Organization - WMO. **Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2018**. Geneva: World Meteorological Organization, n. 15, 2019.

Wrage-Mönnig, N., Velthof, G. L., Van Beusichem, M. L., Oenema, O. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. **Soil biology and Biochemistry**, v. 33, n. 12-13, p. 1723-1732, 2001.

Xu, X., Liu, X., Li, Y., Ran, Y., Liu, Y., Zhang, Q., Li, J. Xu, Di, H. High temperatures inhibited the growth of soil bacteria and archaea but not that of fungi and altered nitrous oxide production mechanisms from different nitrogen sources in an acidic soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 107, p. 168-179, 2017.

Zhang, M., Lin, Q., Rui, J., Li, J., & Li, X. Ammonium inhibition through the decoupling of acidification process and methanogenesis in anaerobic digester revealed by high throughput sequencing. **Biotechnology letters**, v. 39, n. 2, p. 247-252, 2017.

Zhang, N., Peng, H., Li, Y., Yang, W., Zou, Y., Duan, H. Ammonia determines transcriptional profile of microorganisms in anaerobic digestion. **Brazilian journal of microbiology**, v. 49, n. 4, p. 770-776, 2018.

Zhou, C., Chen, L., Tan, Z., Tang, S.; Han, X., Wang, M., Kang, J., Yan, Q. Effects of the dietary ratio of ruminal degraded to undegraded protein and feed intake on intestinal flows of endogenous nitrogen and amino acids in goats. **Archives of Animal Nutrition**, v. 69, n. 6, p. 442-54, 2015.

Zhou, K., Bao, Y., Zhao, G. Effects of dietary crude protein and tannic acid on nitrogen excretion, urinary nitrogenous composition and urine nitrous oxide emissions in beef cattle. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 103, n. 6, p. 1675-1683, 2019.