



Núcleo de Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá
Belém, Pará, Brasil
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

Ronaldo Francisco Lima

Universidade Federal do Oeste do Pará
ronaldofrancisolima@yahoo.com.br

Diego Souza Pantoja

Universidade Federal do Oeste do Pará
pantojadiego_souza@hotmail.com

Bianca Ferreira Almeida

Universidade Federal do Oeste do Pará
biabfa33@hotmail.com

Adriana Carina Tapajós Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará
014adrianaca@gmail.com

Ancelmo Rodrigues Cunha

Universidade Federal do Oeste do Pará
ancelmoelias16@hotmail.com

AVALIAÇÃO DE INDICADORES EXTERNOS DE PRODUÇÃO FECAL EM BUBALINOS CONFINADOS

RESUMO: Os indicadores são substâncias indigestíveis, geralmente de fácil determinação, muito utilizados para estimar a produção fecal em animais através de amostras fecais, dispensando coleta total de fezes. Os indicadores são bastante estudados em ovinos e bovinos, porém estudos em bubalinos são escassos, dessa forma objetivou-se avaliar a eficácia dos indicadores LIPE[®], Óxido de Cromo III (Cr₂O₃) e Óxido de Titânio (TiO₂) para estimar a produção fecal em búfalos. Utilizou-se 18 búfalos (*Bubalus bubalis*) machos, Murrah, com peso vivo médio de 150 kg. Uma vez ao dia a mensuração da excreção fecal foi realizada através da coleta total de fezes e estimada por indicadores externos LIPE[®], Cr₂O₃ e TiO₂. As estimativas de produção fecal com indicadores Cr₂O₃ e o LIPE[®] não diferiram da produção fecal determinada pela coleta total, porém não houve correlação com a coleta total. A estimativa de produção fecal realizado pelo TiO₂ superestimou a produção total de fezes, porém houve correlação positiva com a coleta total de fezes, podendo ser corrigido a seguinte equação: Excreção fecal (Kg.d⁻¹) = 0.17*Excreção fecal estimada pelo TiO₂ (Kg.d⁻¹) + 2.0671.

PALAVRAS-CHAVE: Cromo, Digestibilidade, Titânio.

EVALUATION OF EXTERNAL INDICATORS OF FECAL PRODUCTION IN CONFINED BUBALIN

ABSTRACT: Indicators are extensively studied in sheep and cattle, but studies in buffalo are scarce, so they aim to evaluate the measures of the LIPE[®], Chromium Oxide III (Cr₂O₃) and Titanium Oxide (TiO₂) indicators to estimate fecal production in buffaloes. We used 18 male buffalo (*Bubalus bubalis*), Murrah, with an average live weight of 150 kg. Once a day, the measurement of fecal

Recebido em: 2020-07-27
Avaliado em: 2020-08-01
Aceito em: 2020-09-04

excretion was performed through the total collection of doses and estimates by external indicators LIPE[®], Cr₂O₃ and TiO₂. As the fecal production with Cr₂O₃ and LIPE[®] indicators did not differ from the fecal production specified by the total collection, however there was no correlation with the total collection. An estimate of fecal production performed by TiO₂ overestimated the total production of feces, as there is a positive correlation with the total collection of feces, which can be corrected by the following equation: Fecal excretion (Kg.d⁻¹) = 0.17 * Estimated fecal excretion by TiO₂ (Kg.d⁻¹) + 2.0671.

KEYWORDS: Chromium, Digestibility, Titanium.

EVALUACIÓN DE INDICADORES EXTERNOS DE PRODUCCIÓN FECAL EN BURBUJA CONFINADA

RESUMEN: Los indicadores son sustancias no digeribles, generalmente fáciles de determinar, ampliamente utilizadas para estimar la producción fecal en animales a través de muestras fecales, eliminando la colección total de heces. Los indicadores se estudian ampliamente en ovejas y vacas, pero los estudios en búfalos son escasos, por lo que el objetivo fue evaluar la efectividad de los indicadores LIPE[®], óxido de cromo III (Cr₂O₃) y óxido de titanio (TiO₂) para estimar la producción fecal en búfalos. Se utilizaron dieciocho búfalos machos (*Bubalus bubalis*), Murrah, con un peso vivo promedio de 150 kg. Una vez al día, la medición de la excreción fecal se realizó a través de la recolección total de heces y se estimó mediante indicadores externos LIPE[®], Cr₂O₃ y TiO₂. Las estimaciones de producción fecal con indicadores Cr₂O₃ y LIPE[®] no difirieron de la producción fecal determinada por la colección total, pero no hubo correlación con la colección total. La estimación de la producción fecal realizada por TiO₂ sobreestimó la producción total de heces, pero hubo una correlación positiva con la colección total de heces, y se puede corregir la siguiente ecuación: Excreción fecal (Kg.d⁻¹) = 0.17 * Excreción fecal estimada por TiO₂ (Kg.d⁻¹) + 2.0671.

PALABRAS CLAVES: Cromo, Digestibilidad, Titanio.

A digestibilidade de um alimento ou dieta é uma função da fração ingerida que é absorvida durante a passagem pelo trato gastrointestinal.

Para determinação deste parâmetro, a quantificação do consumo e da fração indigestível, representada pelas fezes, constitui procedimento imprescindível.

A coleta total de fezes, no entanto, além de muito trabalhosa, torna-se impraticável em experimentos com animais em pastejo ou até mesmo em confinamento, quando não se dispõe de mão-de-obra suficiente para tal (MINSON, 1990). Porém, algumas metodologias alternativas para estimar a produção fecal podem ser utilizadas com o mesmo propósito, dentre elas, a técnica de indicadores externos. O uso de indicadores além de viabilizar a realização de estudos que não seriam possíveis convencionalmente, minimizam a interferência comportamental dos animais. Os indicadores são substâncias indigestíveis, sendo que tudo que é consumido deveria ser excretado nas fezes dos animais. Assim conhecendo-se a quantidade do indicador fornecido, seria possível, a partir de sua concentração nas fezes, estimar a excreção fecal diária do animal (VALADARES FILHO; MARCONDES, 2009).

Os indicadores são classificados em dois grupos: 1) os internos, os quais estão presentes naturalmente no

alimento ou dieta, dentre eles estão a matéria seca indigestível (MSi), a Fibra em Detergente Neutro indigestível (FDNi) e a Fibra em Detergente Ácido indigestível (FDAi); e 2) os externos, que precisam ser administrados aos animais: Lignina purificada e enriquecida (LIPE®), Óxido de titânio, Óxido crômico (RODRIGUEZ et al., 2006).

O óxido crômico é o indicador externo mais amplamente utilizado na determinação da excreção fecal, por seu baixo custo, fácil incorporação à dieta e relativa facilidade de análise. Entretanto, vários problemas têm sido relatados com o uso do óxido crômico, dentre eles a incompleta mistura com a digesta ruminal e passagem mais rápida pelo rúmen em comparação ao material fibroso (VAN SOEST, 2019).

O dióxido de titânio (TiO₂) é um indicador insolúvel em água, de coloração branca, sem odor ou sabor. Este pode ser utilizado como substituto do óxido crômico, pois apresenta completa recuperação fecal, com valores que não difeririam

estatisticamente 100% (99,51 a 104%). Além disso, a recuperação fecal não foi afetada pelas diferentes condições de alimentação e não apresenta limitação quanto a sua inclusão na dieta animal (SAMPAIO et al., 2011).

A LIPE® é caracterizado como hidroxifenilpropano modificado e enriquecido, é um indicador externo de digestibilidade desenvolvido especificamente para pesquisas. Em estudos de (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2004) compararam os dados de consumo estimados pela LIPE® e pelo óxido crômico em novilhos nelore a pasto.

A curva de recuperação dos indicadores e da excreção fecal demonstrou que a LIPE® atingiu concentração de equilíbrio em menor período (três dias) e que ambos os indicadores estimaram de forma eficiente o consumo. Estudos conduzidos com o objetivo de investigar a capacidade do LIPE® na estimativa da digestibilidade, da produção fecal e do consumo em diferentes espécies animais, como aves, suínos, equinos e bovinos,

demonstraram que o LIPE® assemelha-se às ligninas de madeiras duras, sendo totalmente recuperado nas fezes sem modificações, digestão ou absorção.

A eficiência de cada indicador está na sua recuperação fecal, no custo de sua utilização e facilidade de mensuração. Os indicadores de excreção fecal, já foram testados em bovinos e ovinos por diversos autores, no entanto trabalhos que suporte e valide sua utilização em bubalinos são escassos. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar os indicadores externos Óxido de Cromo, Óxido de titânio e LIPE® para mensurar produção fecal em comparação a mensuração real em bubalinos confinados.

O experimento foi conduzido no Parque de Exposições Luiz Lourenço de Souza, no município de Parintins/AM. Todos os procedimentos adotados foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Bioética na Utilização de Animais da Universidade Federal do Amazonas antes da condução do experimento.

Utilizou-se 18 búfalos (*Bubalus bubalis*) machos não castrados da raça Murrah, com peso vivo médio de 150 kg. Os búfalos foram alimentados ad libitum individualmente em confinamento total do tipo *Tie Stall* com camas de maravalha e acesso contínuo à água. As baias eram providas de comedouros e bebedouros dispostos frontalmente.

As dietas experimentais foram formuladas para atender as exigências nutricionais dos animais e para proporcionar ganho de peso de aproximadamente 1,5 Kg/dia (PAUL; LAL, 2010). A composição da dieta foi silagem de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) na proporção de 70% e mistura concentrada (milho moído, farelo de soja, torta de cupuaçu, casca de soja e sal mineral) na proporção de 30% da matéria seca. A dieta foi dividida em duas refeições diárias, sendo fornecida às 6:00 e 17:00 horas em quantidade suficiente para obter no mínimo de 10% de sobra do oferecido diário.

Os tratamentos consistiram de quatro formas de mensuração de

excreção fecal dos animais para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes no trato total. A mensuração da excreção fecal foi feita através da coleta total de fezes e através dos indicadores externos LIPE[®], Óxido de Cromo III (Cr₂O₃) e Óxido de Titânio (TiO₂).

Os animais passaram por uma adaptação de 15 dias à dieta e em seguida foram fornecidos os indicadores externos. O óxido de cromo, óxido de titânio e as cápsulas de LIPE[®] foram administrados via oral, concomitantemente, com o auxílio de uma seringa confeccionada com cano de PVC, o qual foi introduzida na cavidade oral para que o animal não regurgite os indicadores. Foram fornecidos 5g de óxido de cromo/búfalo/dia, 5g de óxido de titânio/búfalo/dia, ambos acondicionado em forma de cápsula papel de celulose e o LIPE[®] na forma de cápsula de 500 mg/búfalo/dia, ambos fornecidos em uma única dose diária, às 7:00 horas, antes do fornecimento da dieta, durante sete dias, consistindo em seis dias de

adaptação aos indicadores e um dia para coleta por 24 horas ininterruptas.

A coleta das fezes foi obtida pela defecação espontânea de cada animal, coletados com o auxílio de baldes de plásticos. A massa fecal, oriunda de cada defecação, foi pesada, retirada alíquotas e congeladas imediatamente para posteriores análises.

As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar há 55°C por 72 horas ou até estabilizar o peso. Após a secagem as amostras foram moídas em moinho de facas com peneiras de 2 mm de diâmetro.

As concentrações fecais do óxido cromo foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, segundo a técnica proposta por Detmann et al. (2012), a concentração de dióxido de titânio por calorimetria, conforme (MYERS et al., 2004), e a concentração de LIPE® por espectroscopia de infravermelho conforme (SALIBA et al., 2001). Para determinar a excreção fecal real, foi somada toda produção de fezes em 24 horas de coleta total. Para

determinar a produção fecal estimada pelos indicadores utilizou-se a seguinte equação: Excreção fecal (g/dia) = indicador fornecido (g/dia) /Concentração do indicador nas fezes (g/gMS).

A digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes totais foi calculada através da diferença do consumo e excreção fecal da MS e nutrientes totais. A digestibilidade em porcentagem da matéria seca e dos nutrientes foi obtida através da relação da ingestão e excreção dos mesmos. Essa digestibilidade foi calculada para todos os métodos de estimativa de produção fecal, sendo comparados com a produção fecal real.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, onde cada animal consistia em uma unidade experimental. Os dados foram avaliados no programa estatístico SAS, foi feito uma análise de variância através do procedimento GLM considerados efeitos de métodos de excreção fecal. Três contratos foram analisados, comparando a coleta total

de fezes (considerada controle) com as estimativas de excreção fecal pelos indicadores externos. Os contrastes foram 1) Controle *versus* LIPE®; 2) Controle *versus* TiO₂; 3) Controle *versus* Cr₂O₃; Correlações de Pearson foram realizadas, através do procedimento Corr do programa estatístico SAS, entre as variáveis estimadas por coleta total de fezes (controle) e as estimadas pelos indicadores LIPE®, TiO₂ e Cr₂O₃.

A excreção fecal e digestibilidade da matéria seca, digestibilidade da matéria orgânica (MOd), digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDNd) e digestibilidade extrato etéreo (EEd) avaliados através da coleta total de fezes (considerado tratamento controle) ou através dos indicadores externos LIPE®, dióxido de titânio (TiO₂) e óxido de cromo (Cr₂O₃ em bubalinos estão apresentadas na tabela 1. A não significância estatística entre os valores de produção fecal e digestibilidade com as avaliações de coleta total de fezes e indicadores, pode indicar a eficiência do indicador avaliado.

Houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre os tratamentos avaliados, indicando que nem todos os indicadores foram eficientes em estimar a excreção fecal.

A estimativa de excreção fecal e digestibilidade da MS, MO, FDN e EE estimados pelo Cr₂O₃ e o LIPE® não apresentaram ser diferentes das mesmas estimativas avaliadas pela coleta total de fezes ($P > 0,52$) (Tabela 1). Soares *et al.*, (2014), utilizando os indicadores LIPE® e Cr₂O₃ para estimar a produção de matéria seca fecal não encontraram diferença na produção fecal através da coleta total de fezes.

Já a excreção fecal estimada pelo TiO₂ superestimou a produção fecal em relação a coleta total de fezes (5,34 *versus* 2,98 kg/dia de matéria seca fecal, respectivamente). Isso fez com que a digestibilidade da MS (23.1% *versus* 56,3%), digestibilidade da MO (25.8% *versus* 57,8%), digestibilidade da FDN (-40.1% *versus* 23%) e digestibilidade do EE (70.1% *versus* 83,4%) estimado pela excreção fecal através de TiO₂ comparado a

coleta total, ficasse subestimada, inclusive o resultado da digestibilidade da FDN ficou negativo. Oliveira Jr. et al., (2004) obtiveram resultados semelhantes de digestibilidade das frações MS, MO, PB, FDN, FDA e EE, ao utilizarem a coleta total de fezes e o Cr_2O_3 .

A correlação de Pearson entre a excreção fecal observada através da coleta total de fezes e através dos

indicadores externos estão apresentados na tabela 3. A excreção fecal estimada pelo LIPE e Cr_2O_3 não apresentou correlação com a excreção fecal observada através da coleta total de fezes. No entanto, a excreção fecal estimada através dos indicadores externo TiO_2 , tiveram coeficiente de correlação positiva ($r= 0.78$ e $P<0.01$), em relação a excreção fecal observada através da coleta total de fezes.

Tabela 1. Avaliação da excreção fecal e digestibilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE) observada através da coleta total de fezes (controle) ou estimada através dos indicadores LIPE[®], Cr_2O_3 e TiO_2 em bubalinos submetidos a confinamento total.

	Excreção Fecal Kg/dia	Digestibilidade (%)			
		MS	MO	FDN	EE
Controle	2.98	56.3	57.8	23.0	83.4
Cr_2O_3	3.00	55.3	56.8	19.3	83.3
LIPE [®]	2.79	58.5	59.9	24.0	83.8
TiO_2	5.34	23.1	25.8	-40.1	70.1
EPM	0.206	2.63	2.55	5.44	2.94
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<i>Controle vs Cr₂O₃</i>	0.93	0.80	0.79	0.63	0.98
<i>Controle vs LIPE[®]</i>	0.52	0.55	0.55	0.87	0.92
<i>Controle vs TiO₂</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Ferreira et al. (2009) trabalharam com vacas em lactação, relataram estimativas de excreção fecal semelhantes às obtidas com o método

da coleta total, utilizando como indicadores Cr_2O_3 , TiO_2 e LIPE[®]. Esses achados são diferentes aos encontrados nessa pesquisa com

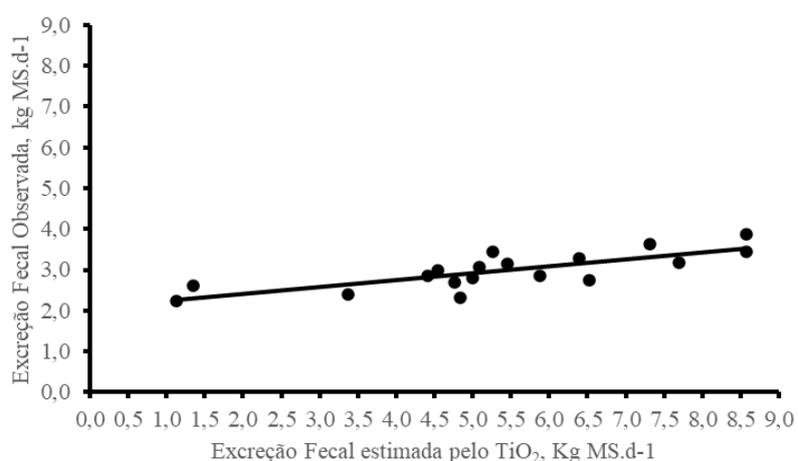
búfalo com relação ao Cr_2O_3 e a LIPE[®], que apesar de não apresentar diferenças estatísticas entre a excreção fecal estimadas por esses indicadores e pela coleta total de fezes, não

apresentaram correlações entre a estimativa de excreção fecal e a produção fecal observada pela coleta total ($P > 0.24$) para bubalinos confinados.

Tabela 3. Correlação de Pearson da excreção fecal observada através da coleta total de fezes e excreção fecal estimada através dos indicadores LIPE[®], Cr_2O_3 , TiO_2 em bubalinos submetidos a confinamento total.

	r	P
Excreção Fecal LIPE [®]	0.10	0.70
Excreção Fecal Cr_2O_3	0.29	0.24
Excreção Fecal Titânio	0.78	<0.01

Figura 1. Correlação entre excreção fecal observada através da coleta total de fezes e excreção fecal estimada através do TiO_2 em bubalinos submetidos a confinamento total. Excreção fecal observada (Kg.d^{-1}) = $0.17 \times$ Excreção fecal estimada pelo TiO_2 (Kg.d^{-1}) + 2.0671; $r = 0.78$; $P < 0.01$.



Apesar da excreção fecal estimada através do TiO_2 ser superestimada comparativamente à excreção fecal realizada por coleta total de fezes, ela apresenta correlação positivas moderadas significativa. Assim, a estimativa de excreção fecal pode ser corrigida pela equação: Excreção fecal observada ($Kg.d^{-1}$) = $0.17 * Excreção fecal estimada pelo TiO_2 (Kg.d^{-1}) + 2.0671$ (Figura 1). A excreção fecal estimada pelo óxido de titânio é maior que a excreção total, ou seja, o indicador superestima a excreção total de fezes, entretanto é possível utilizar o óxido de titânio através dessa equação. Figueiredo (2011) avaliou o indicador óxido de titânio, mostrou-se ineficiente na estimativa da produção fecal pelo fato de ter superestimado a produção fecal, corroborando com o resultado encontrado nesse estudo.

Concluiu-se que apenas a não diferença estatística entre métodos indiretos de estimativa de produção fecal, através de indicadores, e através de coleta total não é suficiente para afirmar a eficácia do indicador. Apesar do TiO_2 ter superestimado a produção

fecal, ele teve correlação positiva com a coleta total de fezes, podendo ser corrigido com uma equação.

REFERÊNCIAS

DETMANN, E. Souza M.A.; Valadares Filho, S.C. *et al.* **Métodos para Análise de Alimentos** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012, 214p.

FERREIRA, M. DE A. *et al.* Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1568–1573, ago. 2009.

FIGUEIREDO, M.R.P. Indicadores externos de digestibilidade aparente em ovinos. 2011. 61f. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia). Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011.

MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press Inc., 1990. 483p.

MYERS, W. D. *et al.* Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, 2004.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C. DE *et al.* Avaliação de indicadores para estimar a digestibilidade dos nutrientes em novilhos Nelore alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado e fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2004.

PAUL, S.S.; LAL, D. **Nutrient requirements of buffaloes**. Delhi: Satish Serial Publishing House, 2010. 137p.

RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; GUIMARAES JR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto digestibilidade. In: **Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia**, 43, 2006, João Pessoa. Anais..., João Pessoa: SBZ, 2006. p. 263-288.

SALIBA, E. DE O. S. et al. Ligninas: métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, 2001.

SAMPAIO, C. B.; DETMANN, E.; VALENTE, T. N. P. et al. Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.174-182, 2011.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I. . Utilização de indicadores na avaliação do consumo de animais: estado da arte. In: Luis Felipe Prada e Silva; Francisco Palma Rennó. (Org.). **II Simpósio Internacional de Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Rumiantes**. 1ed.Pirassununga: Editora 5D, 2009, v. II, p. 15-49.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. [s.l: s.n.]. San Diego: Academic Press, 2019.