



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**

**MAIARA TAIANE VIEIRA**

**EMISSÃO DE METANO POR BOVINOS DE CORTE EM PASTEJO, CONSUMO DE  
MATÉRIA SECA E DEGRADABILIDADE DE FORRAGENS NA COSTA RICA**

**PORTO ALEGRE**

**2017**

**MAIARA TAIANE VIEIRA**

**EMISSÃO DE METANO POR BOVINOS DE CORTE EM PASTEJO, CONSUMO DE  
MATÉRIA SECA E DEGRADABILIDADE DE FORRAGENS NA COSTA RICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito  
para obtenção do Grau de Zootecnista, Faculdade de Agronomia,  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Orientador:** Dra. Elisa Cristina Modesto

**Coorientador:** Dr. Harold Ospina Patino

**PORTO ALEGRE**

**2017**

**MAIARA TAIANE VIEIRA**

**EMISSÃO DE METANO POR BOVINOS DE CORTE EM PASTEJO, CONSUMO DE  
MATÉRIA SECA E DEGRADABILIDADE DE FORRAGENS NA COSTA RICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Zootecnista, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

---

Dra. Elisa Cristina Modesto – Presidenta da banca

---

PhD. Cimélio Bayer – Membro da banca

---

Dr. Ian Machado Cezimbra – Membro da banca

## **Dedicatória**

O passo mais importante da minha vida será dedicado aos que mais amo e que me acompanharam ao longo dessa jornada chamada vida, sem medir esforços ou reivindicar algo em troca, aos meus pais, meu irmão e o amor da minha vida.

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus, pela criação da vida e pela força que criou através da fé, mostrando a cada novo passo que tudo daria certo.

Aos meus pais, Lacir e Marileisa, pela criação, apoio, amor, suporte financeiro e paciência ao longo dessa jornada.

Ao meu irmão, Arlan, por me mostrar todo o tempo o lado leve da vida e o humor do dia a dia, sem perder as responsabilidades.

Ao meu namorado, Gustavo, pelas horas dedicadas me ajudando ao longo desses cinco anos, pelo carinho, paciência e amor.

Aos meus amigos, de longe e de perto, que sempre estiveram presentes para uma palavra de incentivo ou um livro para emprestar, em especial a Aline por compartilhar a graduação comigo e a Caroline por ter sido tão presente na construção desse trabalho. E a Gabriela, um presente lindo que a vida me trouxe quando estive longe de casa.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela estrutura e professores qualificados ao qual dispõe para a minha formação em Zootecnia, em especial ao professor Harold, que foi muito mais que meu mestre e contribuiu de maneira presente para realizar esse sonho. Também, a minha professora e orientadora, Elisa, que além de me passar motivação e esperança me ensinou que o mundo é lindo e doce, só precisamos acreditar e melhorarmos a cada novo amanhecer. A vocês dois, obrigada!

Ao Instituto de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) por abrir caminhos para realizar esse trabalho e me proporcionar todo o material e estrutura para realizar o mesmo, em especial ao meu orientador de campo Sergio Abarca Monge pelos ensinamentos, e aos pesquisadores Jorge Morales, Victoria Arronís e Laura Ramirez, certamente vocês foram mais que profissionais na minha vida, vocês foram minha família durante os meses que estive na construção desse trabalho. Além disso, meus companheiros de trabalho diários, Sr. Luis e Sr. Gabriel.

A todos vocês, muito obrigada, hoje o sonho se realiza para nós!

*“Cada segundo é tempo para mudar tudo para sempre.”*

Charlie Chaplin

## Resumo

As mudanças climáticas estão ligadas direta ou indiretamente as atividades humanas, em especial ao aumento da população e a demanda por proteína de origem animal. Com o objetivo de medir a emissão de metano entérico em bovinos de corte da raça Brahman e relacionar ao consumo voluntário de matéria seca realizou-se na Estación Experimental Los Diamantes (EELD) do Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) na Costa Rica a medição da emissão de metano entérico em fêmeas multíparas em pastejo com manejo segundo Voisin. Nove amostragens foram realizadas de metano entérico, além da qualidade da pastagem, onde se sobressai o pasto naturalizado ratana e a medição de consumo de matéria seca por animal. Com isso, encontrou-se a emissão média de metano diária de 172,91 gramas por animal, não havendo diferença significativa entre os mesmos, além disso a emissão média de metano por coleta foi de 172,96 gramas, esses valores estão de acordo com resultados encontrados na literatura para animais consumindo forragem em clima tropical, além disso, esse resultado é importante para saber a produção média dos animais ao longo de 24 horas e saber quanto pode ser emitido ao longo de um dia por um rebanho. Foi possível verificar que há variação na emissão de acordo com os meses do ano, possivelmente pela oferta e qualidade da forragem ou pelas mudanças climáticas, como em meses com muita precipitação. Também na EELD foi avaliada a degradabilidade ruminal *in situ*, utilizando animais com cânula ruminal, onde avaliou-se cinco alimentos, sendo três pastagens (Capim Mombaça (CATIE), pasto ratana (MIS – Costa Rica) e híbrido Cayman), e duas de mandioca, folhagem e raiz, foram incubados em oito tempos com o objetivo de conhecer a digestibilidade desses alimentos. A maior digestibilidade foi observada na mandioca raiz que em menos de oito horas havia sido degradada integralmente, seguida da mandioca folhagem que foi degradada 55,6% em pouco mais de 21 horas. Das três pastagens, a que apresentou maior digestibilidade foi CATIE com 53,2% em, aproximadamente, 21 horas, seguido do híbrido Cayman com 52% em 23,5 horas e do MIS – Costa Rica com 45,4% em 27,5 horas. A digestibilidade mais eficiente pode diminuir a emissão de metano entérico pelos animais.

**Palavras-chave:** bovinos de corte, consumo de matéria seca, degradabilidade ruminal, gases de efeito estufa, metano entérico, pastagens

## Abstract

Climate change is linked directly or indirectly to human activities, especially with increasing population and demand for animal protein. The objective of this study was to measure the emission of enteric methane in Brahman beef cattle and to relate to the voluntary consumption of dry matter at the Estacion Experimental Los Diamantes (EELD) of the Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) in Costa Rica the measurement of the enteric methane emission in multiparous females submitted to grazing with management according to Voisin. Nine samplings were performed on enteric methane, besides pasture quality, where the ratana naturalized pasture and the measurement of dry matter intake per animal were highlighted. As a result, the average daily methane emission of 172.91 grams per animal was found, with no significant difference between them, and the average methane emission by collection was 172.96 grams, these values are in agreement with results Found in the literature for animals consuming fodder in tropical climate, in addition, this result is important to know the average production of animals over 24 hours and to know how much can be emitted over a day by a herd. It was possible to verify that there is variation in the emission according to the months of the year, possibly by the supply and quality of the forage or by the climatic changes, as in months with much precipitation. Also in the EELD, ruminal degradability was evaluated *in situ*, using animals with ruminal cannula, where five feedstuffs were evaluated, three pastures (Capim Mombaça (CATIE), ratana grass (MIS - Costa Rica) and Cayman hybrid), and two cassava, foliage and root, were incubated in eight times in order to know the digestibility of these foods. The highest digestibility was observed in root cassava, which in less than eight hours had been completely degraded, followed by manioc foliage that was degraded 55.6% in little more than 21 hours. Of the three pastures, the one that presented the highest digestibility was CATIE with 53.2% in approximately 21 hours, followed by the Cayman hybrid with 52% in 23.5 hours and the MIS - Costa Rica 45.4% in 27.5 hours. The most efficient digestibility can decrease the enteric methane emission by the animals.

**Key words:** beef cattle, dry matter intake, rumen degradability, greenhouse gases, methane enteric, pasture

## Sumário

Apresentação .....	1
Capítulo I	
1 Introdução.....	3
2 Gases de Efeito Estufa.....	4
2.1 Situação mundial.....	5
2.1.1 Setor agropecuário.....	7
2.1.2 Fontes de emissões do setor agropecuário .....	8
2.2 Situação na América Latina e Caribe.....	10
2.3 Situação na Costa Rica .....	11
2.4 Situação no Brasil .....	14
3 Material e métodos .....	17
3.1 Técnica para medir a emissão de metano .....	19
3.2 Técnica para medir consumo de matéria seca animal individual .....	21
4. Resultados e discussões .....	23
5 Conclusão .....	29
Capítulo II	
1 Introdução .....	32
2 Degradabilidade ruminal .....	33
3 Caracterização das espécies incubadas.....	34
3.1 Modelo de bovinocultura de cria intensivo sustentável (MIS – Costa Rica).....	34
3.2 <i>Brachiaria</i> híbrida cv. CIAT BR02/1752 Cayman.....	35
3.3 Capim mombaça (CATIE).....	36
3.4 Planta de mandioca .....	36
3.4.1 Folhagem de mandioca.....	37
3.4.2 Raiz de mandioca .....	38
4 Material e métodos .....	38
5 Resultados e discussões .....	43
6 Conclusão .....	47
Considerações finais .....	48
Referências .....	49

Anexos .....56

## Lista de tabelas

Tabela 1. Potencial de aquecimento global dos três principais gases de efeito estufa. ....	5
Tabela 2. Países maiores emissores de gases de efeito estufa. ....	6
Tabela 3. Emissão de gases de efeito estufa em Gt de CO <sub>2</sub> e/ano da bovinocultura e o aporte de cada emissão antropogênica total mundial (%). ....	7
Tabela 4. Dados da pastagem consumida pelos animais nas parcelas MIS - Costa Rica durante a medição de metano entérico. ....	19
Tabela 5. Metodologia de fornecimento de óxido de cromo e coleta de fezes. ....	22
Tabela 6. Especificações dos alimentos incubados. ....	40
Tabela 7. Taxa de degradação dos alimentos incubados. ....	44
Tabela 8. Tempo de retenção dos alimentos e sua degradação real. ....	45

## Lista de figuras

Figura 1. Estimativas globais de emissões de gases de efeito estufa por categoria animal. ....	8
Figura 2. Emissões globais das cadeias de suprimento agropecuário por categoria de emissões (%). ....	9
Figura 3. Fontes de emissões de gases de efeito estufa (%) provenientes do setor agropecuário da América Latina e do Caribe para o período de 2001 - 2010. ....	11
Figura 4. Fontes de emissões do setor agropecuário na Costa Rica no período de 2002 – 2012 (%). ....	12
Figura 5. Fontes de emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário brasileiro no ano de 2015 (%). ....	15
Figura 6. Implementos necessários para medir a emissão de metano nos animais, a) colares de PVC; b) tubo coletor com capilar; c) boçal de couro ajustável; d) painel de pressurização contendo nitrogênio; e) medidor de pressão dos colares de PVC; f) sistema de sucção de gás dos frascos de armazenagem das amostras. ....	20
Figura 7. Materiais utilizados para fornecimento de óxido de cromo aos animais, a) materiais para alocação do óxido de cromo, 20 gramas de produto, balança para pesagem e papel de celulose; b) bolos de óxido de cromo e sonda esofágica para fornecimento; c) forno com sistema de ventilação forçada com amostras de fezes em bandejas de papel alumínio. ....	22
Figura 8. Processo de ruminação com emissão de metano como subproduto. ....	24
Figura 9. Emissão diária de metano por animal. ....	25
Figura 10. Desvio padrão da emissão média de metano por animal. ....	26
Figura 11. Emissão média diária de metano por animal e seu respectivo consumo de matéria seca (% PV). ....	27
Figura 12. Emissão de metano por coleta. ....	28
Figura 13. Desvio padrão da emissão média de metano por coleta. ....	29
Figura 14. Curvas de degradabilidade in situ dos alimentos incubados. ....	43

## **Apresentação**

O presente trabalho foi desenvolvido na Estación Experimental Los Diamantes (EELD) do Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) na Costa Rica. O trabalho foi realizado para avaliar o metano entérico emitido por bovinos de corte criados de maneira extensiva em uma região de clima tropical úmido submetidos a pastejo de espécies nativas nacional e, posteriormente, realização da degradabilidade *in situ* de pastagens e concentrados em ruminantes. Todo o ensaio teve como objetivo quantificar o metano emitido e relacionar ao consumo de matéria seca individual, além disso, conhecer o aproveitamento das dietas fornecidas aos animais e seu aproveitamento pelos microrganismos ruminais.

# Capítulo I

## 1 Introdução

O mundo convive atualmente com mudanças climáticas devidas, direta ou indiretamente, a atividade humana, com o aumento da demanda de alimentos, o crescimento populacional e a redução das áreas cultiváveis são necessário aumentar a eficiência animal. Dessa forma, as atividades antropogênicas são responsáveis pelo desequilíbrio nos ecossistemas naturais, registrando aumento na temperatura atmosférica, incidência de fenômenos extremos, degelo das calotas polares, acidificação de aquíferos, perda de biomassa, desertificação e diminuição das áreas de bosques (IPCC, 2013).

Dentre os impactos ambientais de origem antropogênica estudados com maior detrimento, se destacam as emissões dos gases de efeito estufa, onde a queima de combustíveis fosseis é a principal fonte de emissão de dióxido de carbono, enquanto que na agricultura, se emite maior proporção de metano e óxido nitroso, provenientes da fermentação entérica e da utilização de fertilizantes nitrogenados, respectivamente (LASCANO *et al.*, 2011).

O metano é um gás com um potencial calorimétrico vinte e uma vezes maior que o dióxido de carbono (IPCC, 2013) e o seu tempo de vida na atmosfera é de, aproximadamente, dez anos (MOSS *et al.*, 1999), com isso, o metano representa perda energética para o animal, que varia de 2 a 12% da energia bruta consumida (JOHNSON & JOHNSON, 1995). Assim, a redução da emissão de metano entérico representa maior produtividade animal e menor emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.

O impacto ambiental, devido a exploração de bovinos de corte, é um tema de grande interesse na atualidade, no entanto, pouco desenvolvido quanto aos sistemas pastoris no trópico, o que limitou a implementação de ferramentas que permitam diminuir as emissões de gases de efeito estufa dos ruminantes nessa área (VARGAS *et al.*, 2012), mas é necessário encontrar alternativas de produção para mitigar as emissões dos gases de efeito estufa, em especial o metano produzido pelos ruminantes. Contudo, o objetivo do presente trabalho é medir a emissão de metano entérico em bovinos de corte e relacionar as emissões com o consumo voluntário diário de matéria seca individual.

## 2 Gases de Efeito Estufa

A radiação solar compreende radiações luminosas e caloríficas, onde se sobressaem as radiações infravermelhas. As radiações luminosas são de pequeno comprimento de onda e atravessam facilmente a atmosfera, enquanto que as radiações infravermelhas são de grande comprimento de onda e tem dificuldades em ultrapassar a atmosfera, que através do vapor de água, dióxido de carbono e partículas sólidas e líquidas, as absorve em sua maioria. Dessa maneira, uma parte é absorvida e a outra é reenviada, por reflexão, para as camadas mais baixas, onde se acumulam e elevam a temperatura.

Ou seja, os gases de efeito estufa são caracterizados por dificultar ou impedir a dispersão para o espaço da radiação solar que é refletida pela terra. A maioria desses gases é produzida pelos seres humanos na produção de alimentos, matéria prima e tecnologia, no entanto também são produzidos por processos naturais. Os principais gases causadores do efeito estufa são: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrocarbonetos (grupo de gases que contém flúor, cloro e bromo), hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) e o ozônio.

Segundo a Oficina Catalana del cambio climático (2011) os gases de efeito estufa se diferem na força radioativa que exercem sobre o sistema climático mundial, por suas diferentes propriedades radioativas e período de permanência na atmosfera. Essas características podem ser expressadas por um fator comum baseado na força radioativo do dióxido de carbono, onde as emissões do dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) constitui um valor de referência e uma forma clara de comparar as emissões dos gases de efeito estufa. A definição de  $\text{CO}_2\text{e}$  é a quantidade de dióxido de carbono que provoca a mesma intensidade de radiação de um gás de efeito estufa ou uma mistura desses gases multiplicados pelos seus potenciais de aquecimento global e pelo tempo em que permanecem na atmosfera (Oficina Catalana del cambio climático 2011). Com isso, é importante saber o potencial de aquecimento global dos três principais gases de efeito estufa, conforme Tabela 01.

Tabela 1. Potencial de aquecimento global dos três principais gases de efeito estufa.

<b>Gás de efeito estufa</b>	<b>Potencial de aquecimento global</b>
<b>Dióxido de carbono</b>	1
<b>Metano</b>	21
<b>Óxido nitroso</b>	310

Fonte: IPCC (2006).

## **2.1 Situação mundial**

As mudanças climáticas são um problema de caráter mundial, segundo o IPCC (2013) em nível ambiental, desde a década de 1950, os níveis de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa incrementaram na atmosfera, da mesma maneira a temperatura do ar e do oceano aumentou 0,11° C por decênio, assim o nível do mar aumentou devido ao degelo da neve e calotas polares.

Essas mudanças são assustadoras, pois podem causar um desequilíbrio socioeconômico, modificando fluxos comerciais e financeiros, em nível internacional, além de comprometer a população. Há estimativa que os custos globais e riscos das mudanças climáticas ocasionarão uma perda de pelo menos 5% do PIB global anual (STERN, 2007).

As mudanças climáticas proporcionaram incremento das emissões mundiais devido ao aumento das atividades humanas desde a era pré-industrial (IPCC, 2003). As médias mundiais das frações molares na superfície para dióxido de carbono, metano e óxido nitroso alcançaram novos níveis máximos em 2015 ao registrar, respectivamente,  $400 \pm 0,1$  partes por milhão (ppm),  $1845 \pm 2$  ppm e  $328 \pm 0,1$  ppm, o que representa, respectivamente, 144%, 256% e 121% dos níveis pré-industriais (OMM, 2017)

Segundo a OMM (2017) o ano de 2016 foi o mais quente já registrado, houve um aumento, surpreendente, de 1,1° C acima dos níveis pré-industriais e 0,06° C acima do recorde anterior de 2015. Esse aumento da temperatura global provocou alterações quanto as temperaturas médias globais da superfície do mar e o maior nível do mar já registrado, e aumentou a extensão do gelo do mar Ártico. Tanto o dióxido de carbono quanto o metano de 2014 e 2015 aumentaram em relação ao observado em 2013 e 2014 e superior à média dos

últimos dez anos, enquanto que o aumento do óxido nitroso de 2014 e 2015 foi similar ao observado em 2013 e 2014 e superior à média da última década. Entre os anos de 1990 a 2015 a força radioativa dos gases de efeito estufa de longo tempo de permanência na atmosfera teve aumento de 37% e o dióxido de carbono representou, aproximadamente, 80% do aumento efetivo.

Em 2015 em uma avaliação realizada em Paris verificou-se que dez países emitem quase 70% dos gases de efeito estufa emitidos mundialmente. Conforme Tabela 02 é possível analisar quais são os países e quais as atividades com maior emissão.

Tabela 2. Países maiores emissores de gases de efeito estufa.

<b>País</b>	<b>Milhões de toneladas CO<sub>2</sub> equivalente</b>	<b>Equivalente mundial (%)</b>	<b>Principais fontes de emissão</b>
<b>China</b>	10.684,29	22,44%	Energia Indústria Agricultura
<b>Estados Unidos</b>	5.822,87	12,23%	Energia Agricultura
<b>União Europeia</b>	4.122,64	8,66%	Energia Agricultura
<b>Índia</b>	2.887,08	6,06%	Energia Agricultura
<b>Rússia</b>	2.254,47	4,73%	Energia
<b>Indonésia</b>	1.981	4,16%	Energia
<b>Brasil</b>	1.823,15	3,83%	Energia Agricultura
<b>Japão</b>	1.207,30	2,53%	Energia
<b>Canadá</b>	856,28	1,79%	Energia
<b>México</b>	748,91	1,57%	Energia

Fonte: Inovagrid (2016)

Conforme avaliado na tabela o setor de energia é a principal fonte de emissão dos gases de efeito estufa, contribui com mais de 75% das emissões globais, por isso é necessário que se pense em alternativas para a produção de energias renováveis para não afetar mais o planeta. Além disso, a agricultura é outra fonte emissora, em especial no Brasil que representa quase metade das emissões. A China é a maior em emissões industriais e representa, aproximadamente, 25% das emissões globais, sendo o maior emissor mundial.

Interessante ressaltar que seis dos dez maiores emissores são países em desenvolvimento, o Brasil ocupa a sétima posição quanto a emissão dos gases de efeito estufa no mundo, enquanto que a Costa Rica não aparece no *ranking*. No entanto, é importante avaliar a emissão per capita dos gases de efeito estufa.

### 2.1.1 Setor agropecuário

O setor agropecuário é um dos principais causadores das emissões de gases de efeito estufa que provocam o aumento da temperatura mundial. Segundo GERBER et al. (2013) no ano de 2005 o total das emissões antropogênicas foi de 49 gigatoneladas (Gt) de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), o setor agropecuário contribui com 14,5% das emissões provenientes da cadeia da bovinocultura que é de 7,1 Gt de CO<sub>2</sub>e/ano, conforme Tabela 03.

Tabela 3. Emissão de gases de efeito estufa em Gt de CO<sub>2</sub>e/ano da bovinocultura e o aporte de cada emissão antropogênica total mundial (%).

<b>Gases de efeito estufa</b>	<b>Emissão (Gt de CO<sub>2</sub>e/ano)</b>	<b>Emissão antropogênica total (%)</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	2	5%
<b>CH<sub>4</sub></b>	3,1	44%
<b>N<sub>2</sub>O</b>	2	53%
<b>Total</b>	7,1	

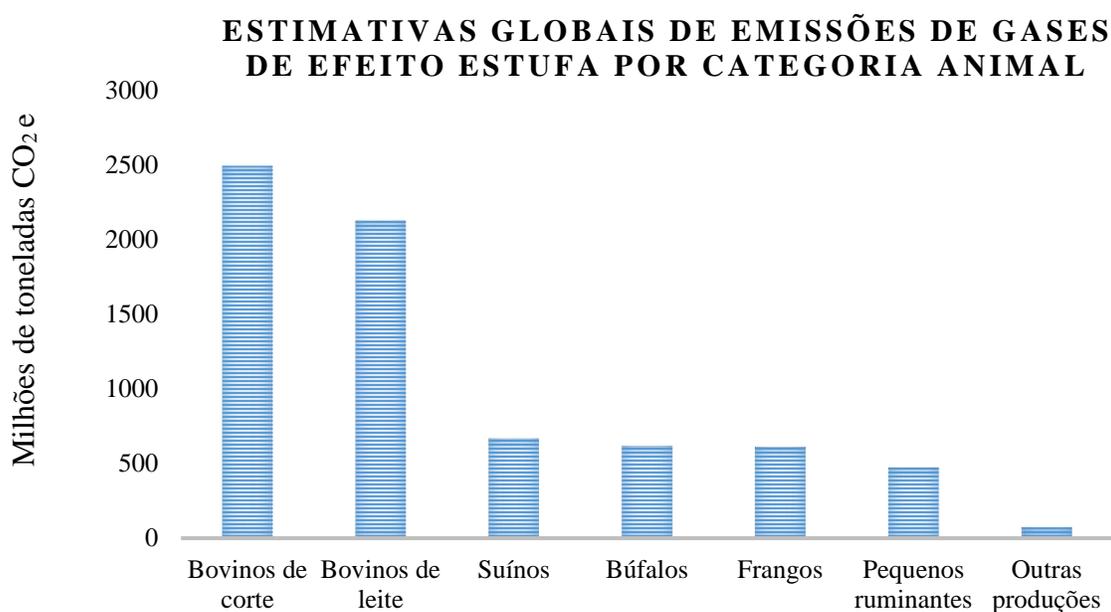
Fonte: Gerber *et al.* (2013) adaptado IPCC (2007).

A maior parte das emissões correspondem as emissões de metano, onde 44% das emissões do setor correspondem a esse gás, enquanto que o óxido nitroso aporta 29% e o dióxido de carbono 27% das emissões (GERBER *et al.*, 2013).

### 2.1.2 Fontes de emissões do setor agropecuário

O setor agropecuário contribui de maneira direta nas emissões através de diversos processos, segundo BERRA & FINSTER (2002) a bovinocultura contribui com a emissão de metano, através da fermentação entérica e das excreções dos animais, a emissão de óxido nitroso se dá através das excretas dos animais, das forragens fixadoras de nitrogênio e do manejo das pastagens.

A bovinocultura contribui no setor com 4,6 Gt de emissão de CO<sub>2</sub> e representando 65% das emissões do setor, tanto os bovinos de corte quanto os leiteiros geram gases de efeito estufa semelhantes (GERBER *et al.*, 2013), conforme pode ser visto na Figura 01.

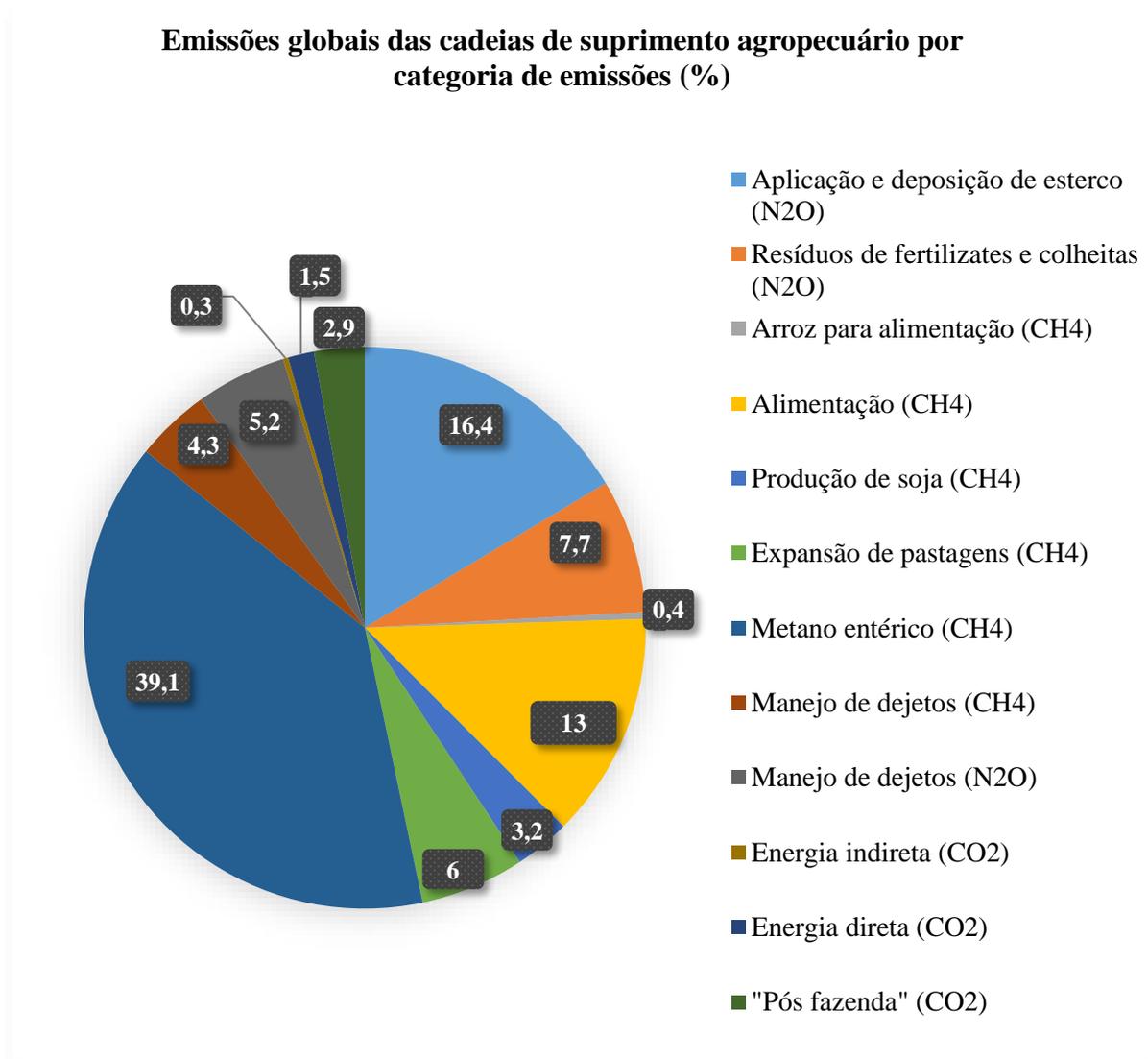


Fonte: GERBER *et al.*, (2013).

Figura 1. Estimativas globais de emissões de gases de efeito estufa por categoria animal.

Conforme visualizado na figura além dos produtos originados pelos ruminantes, a produção de suínos e de frangos tem grande influência na emissão de gases. Essa variação pode estar relacionada as condições agroecológicas, práticas agrícolas e gestão na cadeia de suprimentos dentro dos sistemas de produção.

Quanto aos sistemas de produção 45% das emissões do setor estão relacionadas ao processamento, transporte e armazenamento de produtos, além da fertilização das culturas de pastagens para alimentação animal, deposição de esterco nas pastagens que geram cerca da metade das emissões de óxido nitroso, sendo que um quarto dessas emissões está relacionado ao uso da terra (GERBER *et al.*, 2013). Na Figura 02 é possível visualizar as principais fontes de emissões do setor agropecuário.



Fonte: GERBER *et al.* (2013).

Figura 2. Emissões globais das cadeias de suprimento agropecuário por categoria de emissões (%).

A fermentação entérica contribui com cerca de 40% da emissão de metano na atmosfera, segundo GERBER *et al.* (2013) os bovinos são responsáveis por 77% da emissão, enquanto que os búfalos por 13% e os pequenos ruminantes por 10%. Ressalta ainda, que as emissões estão associadas ao consumo de energia, principalmente relacionada com a produção alimentar e fabricação de fertilizante, que quando somados representam, aproximadamente, 20% das emissões totais do setor.

## **2.2 Situação na América Latina e Caribe**

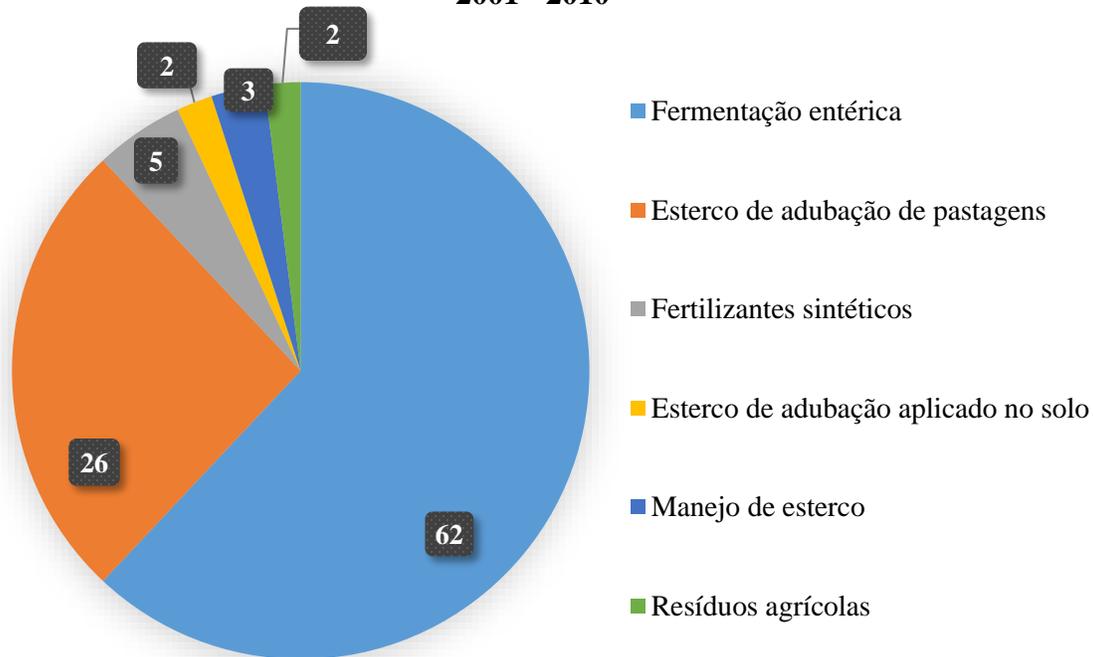
Na América Latina e no Caribe as atividades antropogênicas contribuem com 12% do total mundial das emissões, o que corresponde a 5,4 Gt de CO<sub>2</sub>e, além disso, no último estudo dos gases de efeito estufa realizado pela Organização das Nações Unidas (ONU) no ano de 2010, o ritmo de crescimento nas emissões é similar a média mundial com 1,19% entre 1990 e 2005. (ONU, 2010). Enquanto que GERBER *et al.* (2013) relatou que a América Latina e o Caribe têm o maior nível de emissões e uma importante parte das emissões está relacionada a produção de carne bovina, devido à expansão de pastagens e terra para cultivo e produção de alimentos para os animais, segundo o Grupo Publique (2017) o rebanho bovino da América Latina e Caribe é de, aproximadamente, 400 milhões de cabeças.

As fontes de emissões originárias nas mudanças do uso do solo representam quase a metade do total regional, enquanto que o setor energético participou com 28% e a agricultura com 20% (ONU, 2010). A emissão por fontes provenientes da agricultura, silvicultura e outros usos da terra nessa região é de 2,8 Gt de CO<sub>2</sub>e em 2010 (FAO, 2014).

Importante saber que essa região é um depósito natural de carbono, que absorve o carbono da atmosfera e reduz o dióxido de carbono do ar (ONU, 2010), esse fator é importante para reduzir as mudanças climáticas provocadas pelos gases de efeito estufa.

Conforme Figura 03 é possível identificar as principais fontes de emissões dos gases de efeito estufa do setor agropecuário da América Latina e do Caribe.

**Fontes de emissões de gases de efeito estufa provenientes do setor agropecuário da América Latina e do Caribe para o período de 2001 - 2010**



Fonte: FAO (2015).

Figura 3. Fontes de emissões de gases de efeito estufa (%) provenientes do setor agropecuário da América Latina e do Caribe para o período de 2001 - 2010.

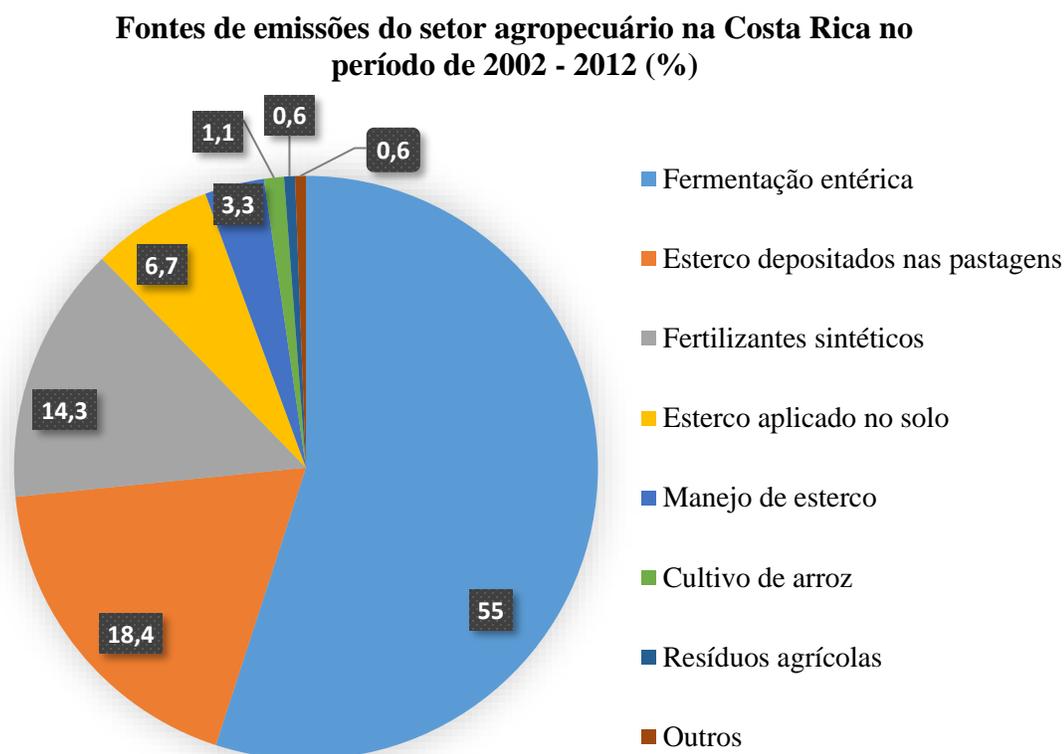
Quanto as emissões de gases de efeito estufa do setor agropecuário, América Latina e Caribe obtém o segundo lugar em emissão com um aporte de 17%, que corresponde a 0,9 Gt CO<sub>2</sub>e para o ano de 2010, as emissões procedentes da fermentação entérica e de esterco contribuem com 88% do total (FAO, 2014), a fermentação entérica, conforme figura, tem mais emissão que a soma das demais atividades do setor agropecuário.

### **2.3 Situação na Costa Rica**

Quanto a questão de mudança climática e a emissão de gases de efeito estufa a Costa Rica não está blindada, segundo ALVARADO *et al.* (2012) é esperado para 2080 que a

temperatura média anual aumente em 3,0° C, assim como poucas precipitações no lado do pacífico e intensas chuvas no lado do caribe.

Na Costa Rica o setor agropecuário é a segunda atividade produtiva emissora de gases de efeito estufa, está atrás apenas do setor energético. É responsável por 37% das emissões nacionais das quais a bovinocultura representa 82% (MINAE *et al.* 2013). As principais fontes emissoras do setor agropecuário da Costa Rica podem ser visualizadas na Figura 04.



Fonte: FAO (2015).

Figura 4. Fontes de emissões do setor agropecuário na Costa Rica no período de 2002 – 2012 (%).

Conforme pode ser visualizado as maiores fontes de emissões do setor agropecuário são através da fermentação entérica, responsável por mais da metade das emissões (55%), seguida pelo manejo de esterco nas pastagens e os fertilizantes sintéticos, sendo que os dois últimos

contribuem na emissão devido a adubação das pastagens, muito comum em propriedades com bovinocultura. O rebanho bovino na Costa Rica é de, aproximadamente, um milhão e meio de cabeças, sendo 585 mil animais para corte, 565 mil animais para duplo propósito e 358 mil animais para produção de leite (CHACÓN *et al.* 2010).

Quanto a emissão de metano a maior quantidade desse gás se origina do sistema de produção de carne (40%) e do sistema de duplo propósito (36%) que é onde se encontra a maior população de bovinos (IMN & MINAE, 2014). O sistema duplo propósito desenvolvido no país refere-se a propriedades com fins leiteiros, mas que realizam inseminações ou cruzas com animais de raças de corte para vender a cria por um preço mais elevado.

No país se implementam políticas, tecnologias e medidas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, na atualidade existe a Estratégia Nacional de Cambio Climático (ENCC), a qual se baseia em três esferas: a redução de emissões dos gases por fonte, a captura e armazenamento de dióxido de carbono e o desenvolvimento de um mercado de carbono nacional (IMN & MINAE, 2014).

Entre os projetos desenvolvidos para mitigação das mudanças climáticas se encontram o compromisso que assumiu em 2007 de ser carbono neutro para o ano de 2021, através da ENCC e em 2012 o país oficializou o Programa País Carbono Neutro (IMN & MINAE, 2014).

Segundo PRATT *et al.* (2010) o país também conta com políticas de conservação de bosques, parques nacionais e pagamento por serviços ambientais. No setor agropecuário o país busca certificar as propriedades rurais em carbono neutro, como maneira de incentivo para alcançar carbono neutro em 2021.

Devido aos objetivos do país o setor agropecuário faz parte da ENCC e, atualmente, conta com a Política de Estado para o setor agropecuário e desenvolvimento rural costarricense 2010 – 2021, do plano de ação para mudanças climáticas e gestão agroambiental 2011 – 2014, ainda possui em desenvolvimento a estratégia de desenvolvimento de baixo carbono e em conjunto com o setor privado, a criação da Ação de mitigação nacionalmente apropriada (NAMAs) (MINAE *et al.*, 2013).

Segundo MINAE *et al.* (2013) dentro da criação da Ação de mitigação nacionalmente apropriada (NAMAs) foram definidas algumas metas para a produção de bovinocultura, dentre elas:

- Planos de fertilização melhorados – o uso de fertilizantes é uma fonte importante de emissão de gases de efeito estufa nas propriedades leiteiras, onde se busca capacitar os proprietários para implementar outras estratégias de fertilização, como o uso de adubação orgânica, pura ou que possuam novas tecnologias, como fertilizantes de lenta liberação.

- Rotação de pastagem/ uso de cercas vivas – a separação em piquetes dentro da propriedade permite a rotação dos bovinos entre períodos curtos de dois a três dias, o que permite o desenvolvimento foliar e o solo capte mais carbono. Além disso, a separação em piquetes dentro das propriedades será feita com cercas vivas, fazendo com que as árvores contribuam na captura de carbono.

- Manejo de pastagens – diante do melhoramento das espécies de pastos, não apenas mais carbono é capturado pela pastagem e pelo solo através das raízes mais profundas, mas também as dietas dos rebanhos melhoram. Essas dietas melhoradas reduzem a fermentação entérica, aumentam a produtividade e aumentam as taxas de reprodução. Ressaltando que o melhoramento das pastagens é complementado pela rotação de piquetes.

- Sistemas silvipastoris – está relacionado ao plantio de árvores dispersas nas zonas de pastejo para proporção de sombra para os animais e, também, para capturar carbono. Ressaltar que as árvores devem ser substituídas após um longo período, sendo utilizadas para outros fins e substituindo por árvores novas para melhorar a captura de carbono.

Além disso, o melhoramento genético dos animais, introduzir alimentação de precisão, melhorar a saúde animal e reduzir a mortalidade, assim como adicionar lipídeos, ionóforos e compostos bioativos de plantas nas dietas dos animais incrementa a produtividade e a eficiência dos animais, sendo a melhor maneira de redução das emissões (CHASE, 2016). Segundo o MINAE *et al.* (2013) as entidades estão estudando incluir melhorias nas cadeias de abastecimento, envolvendo desde a distribuição até os frigoríficos, dessa forma o país poderá alcançar os objetivos quanto a realização de ser carbono neutro.

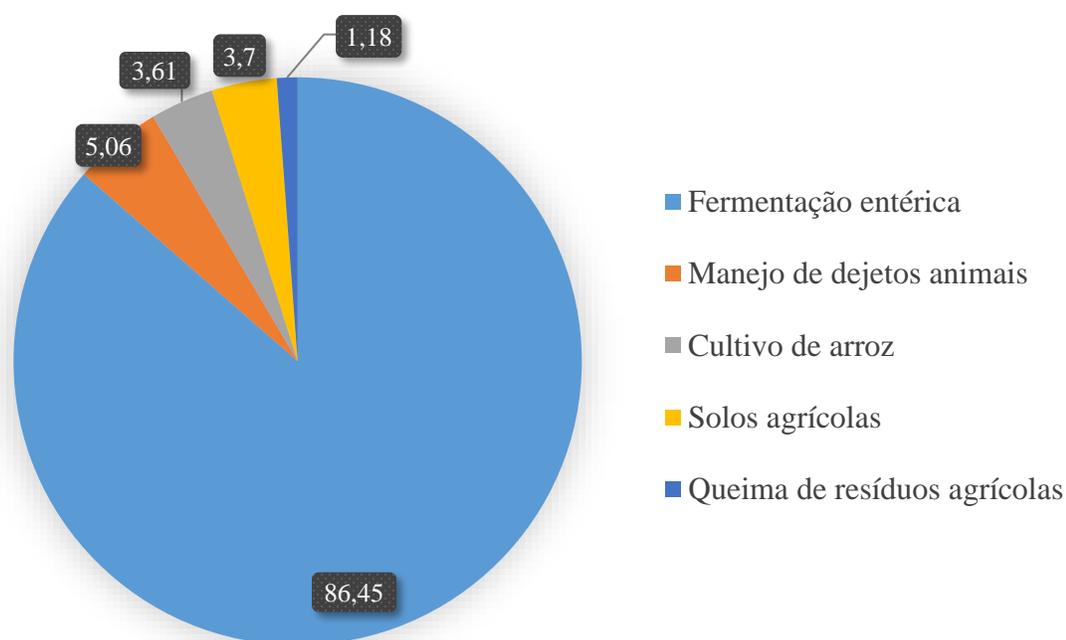
## **2.4 Situação no Brasil**

O aquecimento global afeta todo o mundo, sem exceção, principalmente, no Brasil em razão da sua grande diversidade biológica existente, como a Amazônia, Mata Atlântica,

Pantanal, Cerrado e outros biomas importantes para o equilíbrio ecológico mundial, além de influenciar no âmbito socioeconômico nacional.

Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (2016) as emissões brutas no Brasil cresceram 3,5% em 2015 em relação a 2014 e o país emitiu 1,927 bilhão de tonelada de dióxido de carbono. Na figura 05 é possível identificar as principais fontes emissoras de gases de efeito estufa da agropecuária brasileira.

Fontes de emissões do setor agropecuário no Brasil no ano de 2015 (%)



Fonte: SEEG (2015).

Figura 5. Fontes de emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário brasileiro no ano de 2015 (%).

Conforme visualizado na figura acima a fermentação entérica é o maior emissor de gases do setor agropecuário, é responsável por mais de 86% das emissões. Essa contribuição se deve ao tamanho do rebanho bovino brasileiro – cerca de 210 milhões de cabeças em 2014 – e ao fato desses animais serem grandes ruminantes. Mas vale atentar ao fato das emissões por fermentação entérica terem se estabilizado desde meados da década passada, crescendo apenas

2,2% entre 2005 e 2012, contra um crescimento de 6% das emissões de todo setor agropecuário. Isso se deve a uma desaceleração do aumento do rebanho para 1,5% ao ano acompanhado de um aumento da produtividade por cabeça de gado de cerca de 2 a 3% ao ano (SEEG, 2014).

Conforme publicação do Ministério do Meio Ambiente foi instituída pela lei nº 12.187 de 2009, a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC) que oficializa o compromisso voluntário do Brasil perante a Organização das Nações Unidas (ONU) de diminuir as emissões de gases de efeito estufa, onde a meta é cortar entre 36,1% e 38,9% das emissões até 2020. As medições serão realizadas a cada cinco anos, desde 1990, nos setores: uso da terra e florestas, agropecuária, processos industriais, tratamento de resíduos e energia.

Além disso, em dezembro de 2014, a Coalisão Brasil Clima, Florestas e Agricultura se formou por associações setoriais, empresas, organizações da sociedade e indivíduos, interessados em contribuir para o avanço e sinergia das agendas de proteção, conservação e uso sustentável das florestas, agricultura sustentável, mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Brasil e no mundo (CCST, 2016).

Porém, além de políticas o Brasil apresenta mudanças na legislação para preservação do meio ambiente em nível nacional, implementando áreas de preservação permanente (APP's) e reservas legais (RL) dentro de cada propriedade rural estipuladas de acordo com cada bioma ao qual pertence, a legislação visa recuperar as áreas degradadas e diminuir a exploração ambiental em uma tentativa de amenizar as mudanças climáticas. Mas o Brasil segundo o CCST (2016) tem potencial para reduzir os impactos das mudanças climáticas através de algumas práticas, dentre elas se destacam:

- Reduzir de maneira contínua as emissões de gases de efeito estufa ou balanço líquido de CO<sub>2</sub>e, através de adoções de baixas emissões e altas taxas de sequestro de carbono. Isso se realiza pela recuperação de pastagens degradadas, intensificação moderada da bovinocultura de corte, ampliação de sistemas de integração lavoura pecuária floresta (ILPF), adoção de sistemas de plantio direto (SPD), florestas plantadas e tratamento de dejetos animais.

- Incluir incentivos para a expansão agrícola e pecuária em áreas degradadas, evitando assim a perda de carbono do solo e a conversão de ecossistemas naturais, suprimindo a demanda de produtos agropecuários.

- Aperfeiçoar o Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC) para garantir seu cumprimento das metas e sua expansão após 2020, além de aumentar os recursos destinados ao programa.

- Eliminar as cadeias de produção oriundas de desmatamento ilegal ou de exploração.

- Incentivar a produção sustentável, a inovação e o desenvolvimento tecnológico no setor de agro energia, considerando o potencial dessa fonte na substituição de combustíveis fósseis e na diversificação da matriz energética nacional.

- Reforçar a integração intersetorial para que os gargalos para implementação dessas propostas sejam contornados e todo o potencial de redução do setor agropecuário seja de fato atingido.

O Brasil tem muito ainda para evoluir, mas tem dado largos passos em busca de melhorar a produtividade sem danificar o meio ambiente e aumentar a evolução do aquecimento global.

### **3 Material e métodos**

O trabalho foi desenvolvido na área de bovinocultura de corte da Estación Experimental Los Diamantes (EELD) do Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) que se encontra no distrito de Guapiles, cantón de Pococí, na província de Limón, Costa Rica. Entre as coordenadas geográficas de latitude 10.2119312, de longitude - 83.7735173 e altitude de 258 metros (GOOGLE MAPS, 2017). O local segundo a classificação de HOLDRIDGE (1978) corresponde a floresta úmida tropical basal, com precipitação média anual de 4332 milímetros, sem estação de seca e temperatura média diária de 24,6° C.

O trabalho contou com nove coletas de amostras de emissão de gases consecutivas, iniciando dia 27 de janeiro com duração até dia 16 de novembro do ano de 2016, o material foi coletado a cada trinta e três dias com duração de vinte e quatro horas cada. Enquanto que a medição de consumo voluntário de matéria seca dos animais foi realizado durante seis dias consecutivos, sendo cinco dias de fornecimento de cromo aos animais às 06:30 da manhã e dois dias de coleta de fezes em torno das 10:30 da manhã durante os dias 30 e 31 de janeiro e dos dias 01 até 04 de fevereiro de 2017.

Para o experimento foram utilizadas oito vacas da raça Brahman com peso médio de 493 kg de peso vivo ( $\pm 71$  kg), onde cada animal é uma repetição dos dados. Os animais foram

pesados nas datas de coleta de material, respeitando o jejum de doze horas. Todos os animais são múltiparos com variação de idade (com nascimento de 2006 a 2009), o que não foi considerada, os animais estavam identificados por brincos, onde continha a numeração do animal e o ano de nascimento. Os mesmos receberam adestramento para serem mais dóceis facilitando o manejo e permitindo o uso dos colares coletores de gases no pescoço.

Os animais durante o experimento permaneceram em um sistema de pastagem da EELD chamado de Modelo de bovinocultura de Cria Intensivo Sustentável (MIS - Costa Rica), esse sistema iniciou em 2013 e tem duração até 2020, o mesmo conta com dez hectares (tamanho médio de uma propriedade rural de bovinocultura de corte na Costa Rica) e está dividido em piquetes para pastoreio racional estilo Voisin, com descanso entre piquetes de 28 a 35 dias, onde a carga animal oscila entre 2,5 – 3,0 unidade animal (UA = 450 kg/PV) por hectare ao ano em pasto nativo local, onde a predominância é uma espécie do pasto naturalizado ratana (*Ischaemum indicum*).

Foi realizado na área de pastagem, no dia da colocação dos colares, simulação de pastejo em áreas aleatórias dentro dos piquetes que seriam consumidos pelos animais durante as 24 horas de permanência, as coletas foram realizadas as 6 e as 12 horas após o ingresso dos animais. O material coletado foi devidamente identificado e analisado no Laboratorio de Piensos y Forrajes do INTA, as análises foram para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e degradação ruminal (DR), os resultados podem ser visualizados na Tabela 04.

Tabela 4. Dados da pastagem consumida pelos animais nas parcelas MIS - Costa Rica durante a medição de metano entérico.

Amostras	Data de coleta	MS	PB	FDN	DR
		%			
1	27 de janeiro	29,8	12,7	53,8	43,5
2	02 de março	32,4	13,0	53,2	39,5
4	11 de maio	31,2	13,5	55,0	50,7
5	20 de junho	33,4	10,9	61,2	43,7
6	27 de julho	30,6	12,6	58,9	
7	31 de agosto	29,7	15,6	58,0	71,4
<b>Média</b>		<b>31,2</b>	<b>13,0</b>	<b>56,7</b>	<b>49,2</b>

As amostras de número 3, 8 e 9 não foram analisadas. MS (matéria seca); PB (proteína bruta); FDN (fibra em detergente neutro); DR (degradação ruminal).

Essas informações são importantes para poder calcular o consumo de matéria seca dos animais e analisar a emissão de metano.

### 3.1 Técnica para medir a emissão de metano

A medição da emissão de metano entérico foi realizada através da técnica de hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), a qual consiste em colocar um tubo de permeação contendo SF<sub>6</sub> para coletas de emissão de metano entérico. Os equipamentos foram fabricados pelo INTA com adaptação da metodologia utilizada pelo Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) do Ministério de Agricultura do Chile. Onde os mesmos são compostos por um colar adaptado ao pescoço dos animais e confeccionado em tubos de PVC unidos com cola de secagem lenta para PVC, sistema de tubos para coleta de gases com capilares comerciais em tecidos específicos que impedem o contra fluxo dos gases e boçal de couro ajustável. Além desses são necessários um painel para pressurização contendo nitrogênio (N) e um medidor de pressão dos colares e sistema de sucção de gás dos frascos que recebem as amostras. Os implementos podem ser visualizados na Figura 06.



Figura 6. Implementos necessários para medir a emissão de metano nos animais, a) colares de PVC; b) tubo coletor com capilar; c) boçal de couro ajustável; d) painel de pressurização contendo nitrogênio; e) medidor de pressão dos colares de PVC; f) sistema de sucção de gás dos frascos de armazenagem das amostras.

Os implementos descritos são colocados nos animais, previamente, no laboratório, se mede a pressão dos colares em Bar. O colar em PVC é alocado no pescoço dos animais, enquanto que o boçal fica no chanfro do mesmo, ambos possuem numeração que são anotados em uma planilha de campo (conforme Anexo 01), esses são conectados por um tubo coletor com capilares e que possui um sistema de encaixe de pressão para evitar que os animais desconectem no campo.

Durante o uso dos implementos pelos animais os mesmos pastejaram livremente e sem limitações dentro dos piquetes, permitindo comportamento livre e adequado, além de assegurar o bem estar dos animais. Após 24 horas de permanência os implementos foram retirados dos animais e levados ao laboratório, tanto o horário inicial quanto o final são anotados, os colares passam por uma pressurização com o uso de um painel contendo nitrogênio para que seja possível extrair as amostras e os mesmos permanecem em repouso por duas horas. Transcorrido o tempo as amostras são coletadas com o uso de uma seringa e um tubo plástico com sílica, ressaltando que se coleta 15 mL de amostra para descarte, pois essa quantidade representa a

quantidade de amostra anterior que ficou armazenada no tubo plástico utilizado. As amostras são alocadas em frascos de vidro identificados e sem nenhum outro gás dentro, é adicionado em torno de 50 ml de amostra. O metano e o SF<sub>6</sub> contidos nos frascos se determina por cromatografia de gases no laboratório de gases do INTA.

Se assumiu que as taxas de diluição do SF<sub>6</sub> e o metano (CH<sub>4</sub>) foram exatamente iguais, a mescla dos gases se deve ao movimento ruminal dos animais. Portanto a taxa de emissão de metano (Q<sub>CH<sub>4</sub></sub>) foi calculada pela medição da concentração de CH<sub>4</sub> e SF<sub>6</sub>, assim como a taxa de liberação de SF<sub>6</sub> (Q<sub>SF<sub>6</sub></sub>), onde:

$$Q_{CH_4} = Q_{SF_6} * \frac{[CH_4]}{[SF_6]}$$

(WESTBERG *et al.*, 1998)

Os dados encontrados foram tabulados em uma planilha Microsoft Excel® onde passaram por uma regressão manual para análise e interpretação dos resultados.

### **3.2 Técnica para medir consumo de matéria seca animal individual**

O consumo de matéria seca ingerido pelos animais do experimento ao longo do dia foi através de métodos indiretos com indicador externo e de fácil quantificação. O indicador utilizado foi o óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) com quantidade conhecida e pesada de 20 gramas envoltas em um papel de celulose com área de 12x12 centímetros não digestível. O procedimento de oferta dos bolos com óxido de cromo e as coletas de fezes estão descritos na Tabela 05.

Tabela 5. Metodologia de fornecimento de óxido de cromo e coleta de fezes.

Período	Fornecimento de Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Coleta de fezes
	Início da manhã		Final da manhã
1º dia	x		
2º dia	x		
3º dia	x		
4º dia	x		
5º dia	x		x
6º dia			x

Os bolos de óxido de cromo eram fornecidos aos animais através de uma sonda esofágica que levava o material diretamente ao rúmen, a sonda possuía diâmetro de 25 milímetros e passava pelo esôfago. Os animais eram mantidos no tronco de contenção para realização do manejo. Ao quinto dia do fornecimento dos bolos de óxido de cromo aos animais, e no dia posterior, foram coletadas fezes do reto dos mesmos, com o auxílio de uma luva de plástico para inseminação artificial e as fezes foram armazenadas em bolsas plásticas identificadas com a data e o número dos animais. Os materiais utilizados podem ser vistos na Figura 07.



Figura 7. Materiais utilizados para fornecimento de óxido de cromo aos animais, a) materiais para alocação do óxido de cromo, 20 gramas de produto, balança para pesagem e papel de celulose; b) bolos de óxido de cromo e sonda esofágica para fornecimento; c) forno com sistema de ventilação forçada com amostras de fezes em bandejas de papel alumínio.

As fezes foram alocadas em bandejas de papel alumínio, com a mesma identificação das bolsas, e colocadas no forno a 60° C com circulação de ar forçado e mantidas por 72 horas para secagem completa. Após foram enviadas ao laboratório de análises do INTA, onde foi identificado a quantidade de óxido de cromo presente nas fezes, os dados gerados foram tabulados em planilha Excel® para aplicação de fórmulas para conhecer o consumo de matéria seca (MS) diário e o que esse consumo representa em percentual de peso vivo (% PV).

Conhecendo a quantidade de óxido de cromo presente na quantidade de fezes recolhidas realiza-se uma regra de três para quantificar a produção diária das mesmas, visto que os animais consumiram 20 gramas de óxido de cromo diários. Posterior a essa informação calcula-se o consumo de matéria seca diário dos animais, através da fórmula que leva em consideração a produção diária de fezes e a média da degradação ruminal (DR) que foi coletada através das simulações de pastejo, conforme descrito anteriormente:

$$\text{Consumo MS (kg/animal/dia)} = \frac{\text{Quantidade de fezes (kg)}}{(100 - DR(\%)) * 100}$$

Conhecendo o consumo de matéria seca diário individual, pode-se calcular o consumo do percentual de peso vivo individual conforme fórmula, levando em consideração o consumo de matéria seca e o peso vivo dos animais. Esse resultado é importante para avaliar a emissão de gás metano através do percentual de consumo diário.

$$\text{Consumo (\% PV)} = \frac{\text{Consumo MS (kg/animal/dia)}}{\text{Peso vivo (PV)} * 100}$$

Todas as fórmulas foram desenvolvidas para avaliação do experimento e aplicadas através do Excel®.

#### **4. Resultados e discussões**

O metano entérico é produto da fermentação de macromoléculas em um meio anaeróbio, resultado de um complexo sistema simbiótico presentes ao longo do trato digestivo (BEAUCHEMIN *et al.*, 2008). No ruminante, 90% da produção de metano, tem origem no retículo e rúmen e os 10% restante se produz no trato digestivo posterior que em sua maioria é

absorvido até o sangue, transportado aos pulmões e expulsado pelo nariz durante a respiração. O metano produzido no rúmen é eliminado, através da boca e do nariz, por eructação e respiração (MURRAY *et al.*, 1976; LASSEY *et al.*, 1997), o processo de ruminação contribui na quebra da celulose, sendo um complexo anaeróbico e produz metano como subproduto, conforme Figura 08.

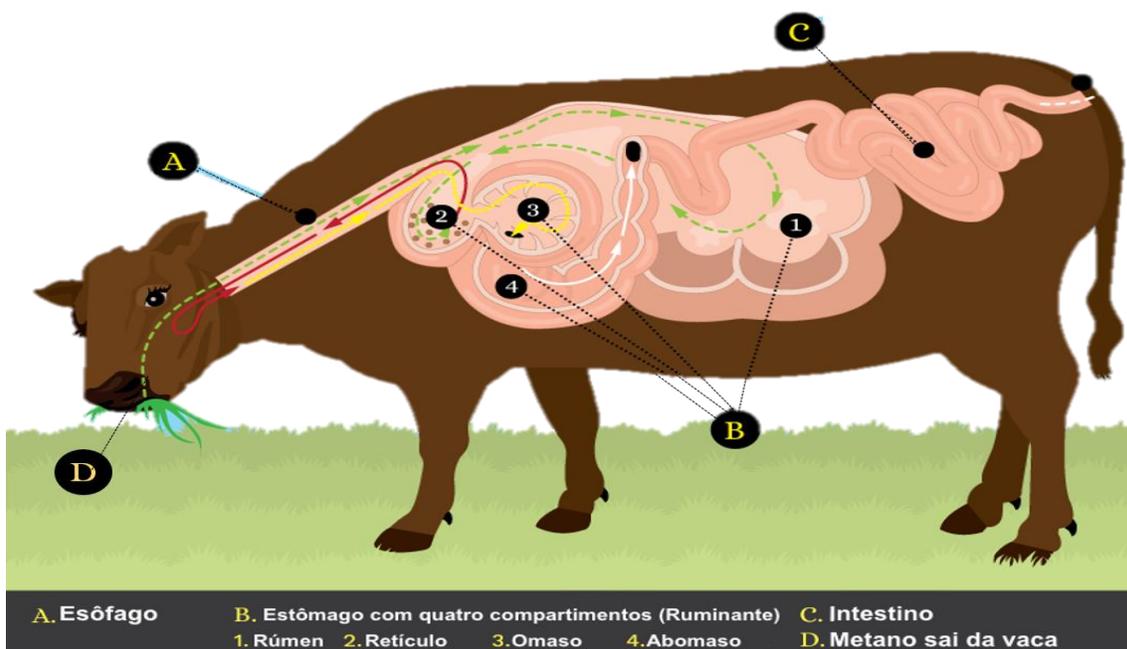


Figura 8. Processo de ruminação com emissão de metano como subproduto.

Quanto a emissão de metano pelos animais avaliados não houve diferença significativa entre eles, sendo que a emissão média diária dos animais foi de 172,91 gramas, sendo esse valor de acordo com o esperado para alimentação em pastagens tropicais. A emissão individual por animal pode ser visualizada na Figura 09.

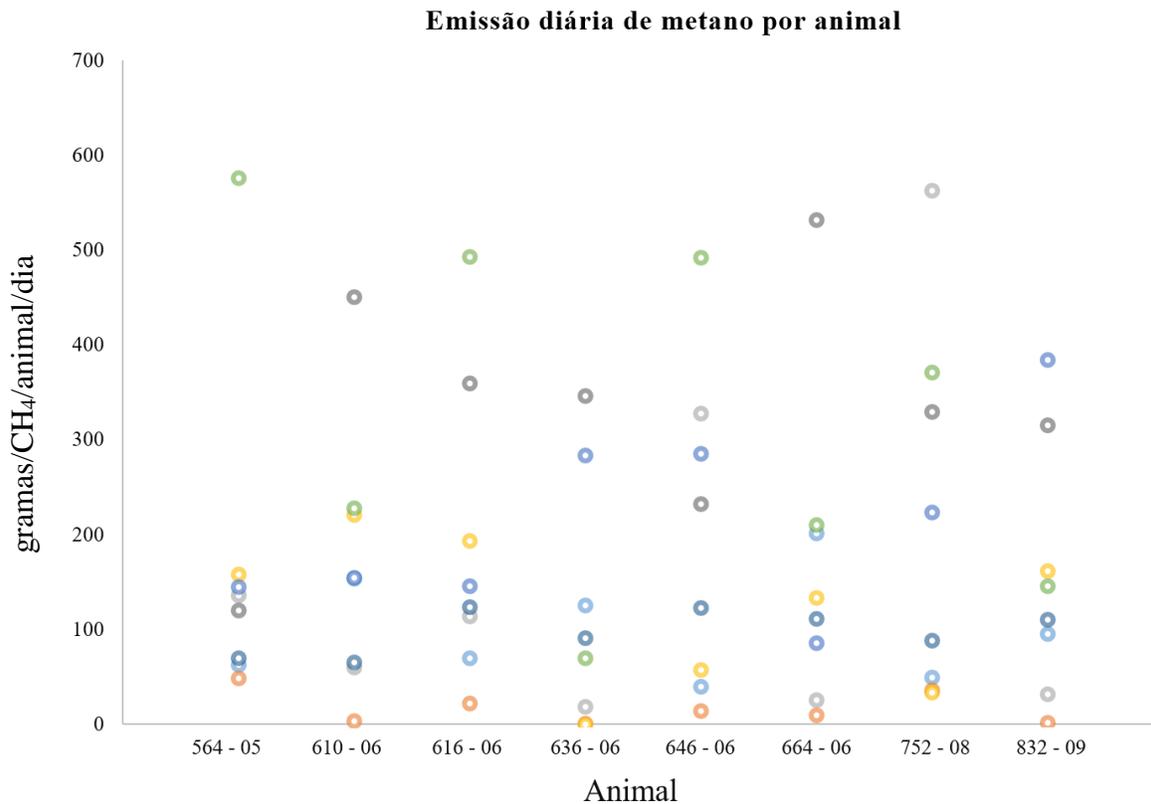


Figura 9. Emissão diária de metano por animal.

Em animais fêmeas adultas e de raças zebuínas, o comportamento da emissão de metano entérico dentro do lote e o estado fisiológico dos animais (cio, parto, amamentação, prenhes) confere um papel importante no consumo voluntário e na qualidade da matéria seca selecionada ao qual possuem acesso, o que pode gerar maior variação entre e dentro os animais em mesma disponibilidade forrageira, o que explica observar altas emissões para a mesma vaca durante o período de avaliação.

Conforme Figura10 é possível visualizar o desvio padrão dos animais, sendo que a média das amostragens é de 172,91 gramas, não havendo diferença significativa entre elas.

### EMIÇÃO MÉDIA DE METANO POR ANIMAL

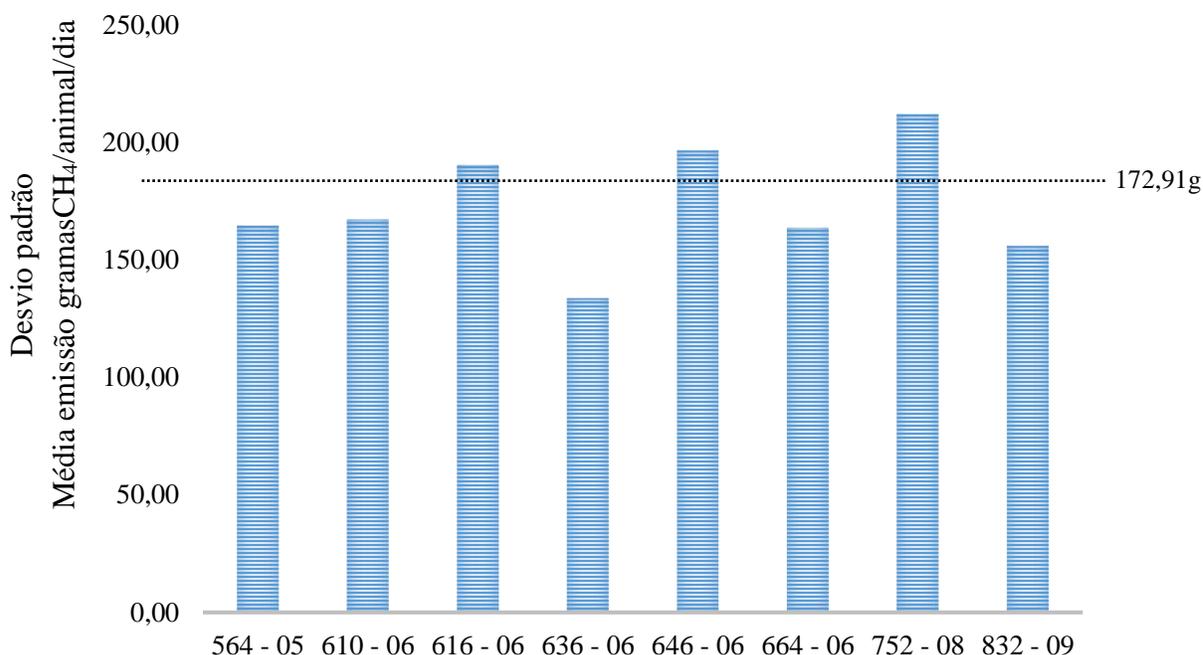


Figura 10. Desvio padrão da emissão média de metano por animal.

Se observou pouca variação entre os animais em relação à média do desvio padrão, o qual é considerado normal, já que a emissão de metano é dependente do consumo de matéria seca e a qualidade dessa. Ao analisar em detalhe os dados se observou que a mediana se situou em torno de 146 o que indica que a maioria dos dados obtidos permaneceram perto ou abaixo da média, melhorando a consistência desses.

A emissão média de metano por animal se relaciona com dados encontrados por outros autores, como PEDREIRA *et al.* (2009) e PRIMAVESI *et al.* (2004) que encontraram em pastagens tropicais sem fertilização no Brasil valores médios de 179 e 190,5 gramas de metano por animal ao dia, respectivamente, enquanto que MONTENEGRO & BARRANTES (2015) encontraram 181,5 gramas de metano por animal ao dia de emissão consumindo feno de forrageiras tropicais na Costa Rica.

Quando analisado a emissão média diária de metano entérico por animal e seu consumo médio de matéria seca em percentual de peso vivo por animal, obteve-se o comportamento conforme Figura 11.

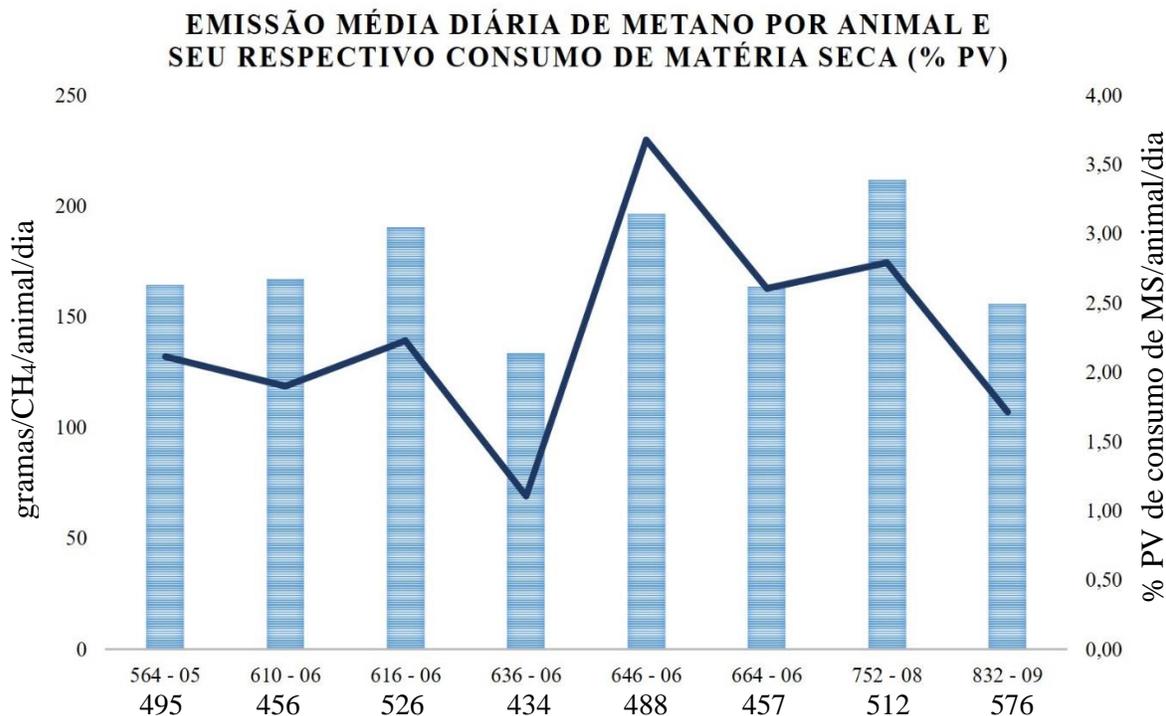


Figura 11. Emissão média diária de metano por animal e seu respectivo consumo de matéria seca (% PV).

Percebe-se que a emissão de metano por animal está relacionada com o consumo diário de matéria seca, quanto maior for a ingestão de matéria seca maior é a emissão de metano, com exceção do animal 752-08, pois esse animal apresentou baixo consumo de matéria seca, isso provavelmente porque no período avaliado estava passando pela desmama da sua cria e poderia estar apresentando cio. A relação de consumo e emissão se deve ao fato da ruminação animal, pois ruma mais no decorrer do dia para aproveitar o alimento e com isso tem mais eructação.

Segundo HEGARTY *et al.* (2007) a qualidade da dieta consumida é um determinante muito importante na emissão diária de metano dos bovinos e, tem sido incluída na maioria dos sistemas de estimação de emissão por fermentação entérica que se utilizam hoje em dia. É conhecido que a variação da emissão de metano se deve a vários fatores, mas a maior se apresenta pelo consumo e digestibilidade da dieta. Existe uma correlação positiva entre consumo de energia e emissão de metano, isso está diretamente relacionado com o incremento do

substrato para a fermentação ruminal que supre mais quantidade de hidrogênio para a metagênese. Em termos da energia bruta estima-se que a perda é de 3,5 a 6,5% da energia consumida, enquanto que VAN SOEST (1994) estima que as perdas são de 5 a 12% da energia digestível, ficando em evidência a associação consumo de matéria seca com digestibilidade da dieta e emissão de metano pelos ruminantes.

Além da emissão por animal é possível visualizar a emissão por coleta de metano (Figura 12), foram realizadas nove coletas, no entanto a de número oito foi totalmente perdida, pois os equipamentos foram danificados pelos animais.

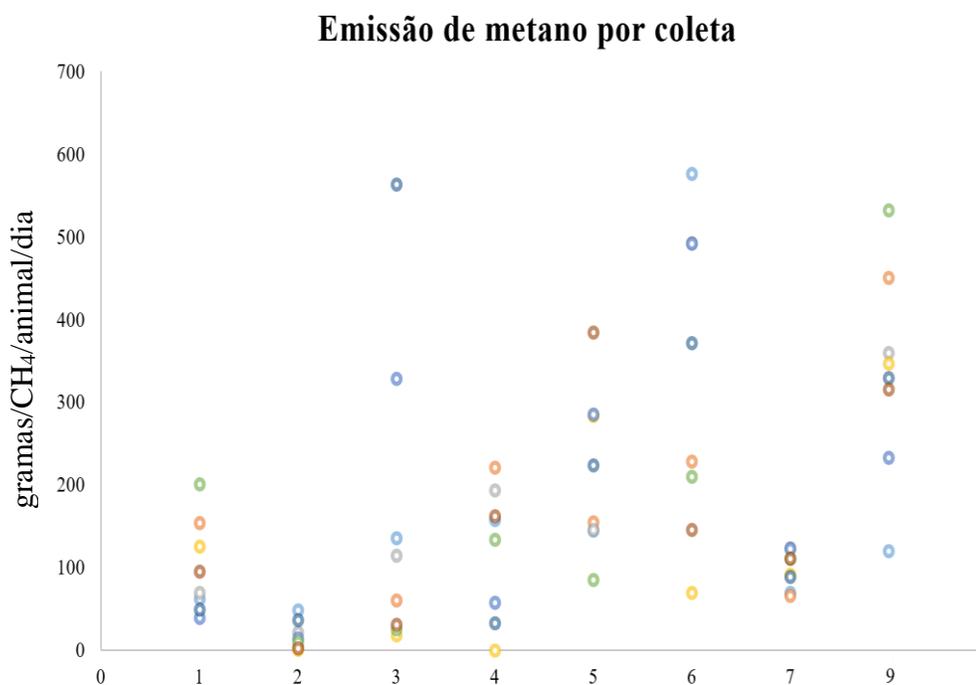


Figura 12. Emissão de metano por coleta.

As coletas de número 3, 6 e 9 foram as que apresentaram maiores emissões e foram dos meses de abril, julho e novembro, respectivamente, enquanto que as com menores emissões foram das coletas 2, 4 e 7 dos meses de março, maio e agosto, respectivamente. Quanto as amostragens a matéria seca se manteve constante, enquanto que houve variação no percentual de proteína bruta, e esse pode ser um fator que aumentou ou diminuiu a emissão de metano pelos animais. Há análise de proteína bruta para a coleta de número 6 e a mesma apresenta 12,6%

enquanto que no período de menor emissão, nas coletas de números 2, 4 e 7 a proteína bruta foi de 13, 13,5 e 15,6%, respectivamente, todos os valores estão na média ou acima da média para a proteína bruta avaliada durante o experimento que foi de 13%. Esse percentual de proteína bruta é provável que aumente a taxa de passagem reduzindo a emissão de metano pelos animais.

Conforme Figura 13 é possível identificar que não se obteve diferenças significativas entre as amostras, a média de emissão por coleta foi de 172,96 gramas, o que está de acordo com o esperado para forragens tropicais.

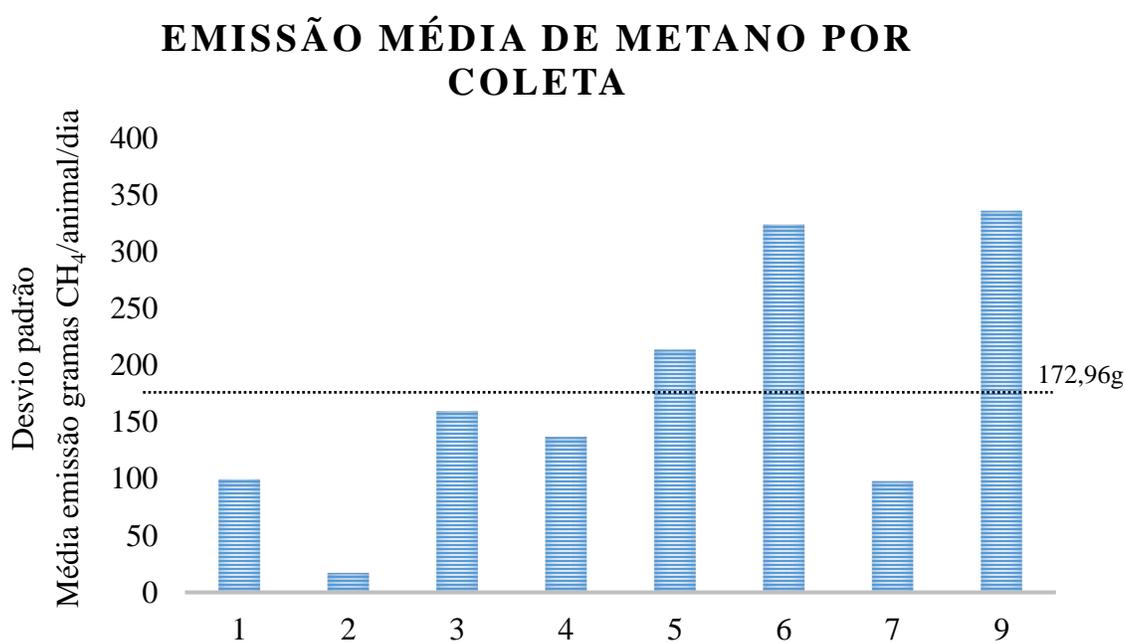


Figura 13. Desvio padrão da emissão média de metano por coleta.

A maior variação das emissões está na coleta 6 e 9 dos meses de julho e novembro, meses com a maior precipitação no ano de 2015.

## 5 Conclusão

As emissões de metano entérico encontrados estão de acordo com valores citados na literatura para bovinos de corte em clima tropical e em criação extensiva, assim como percebeu-se que o consumo voluntário de matéria seca individual acompanha a emissão de metano pelos

animais, ou seja, quanto maior o consumo maior a emissão de metano por animal devido a metanogenese.

## **Capítulo II**

## 1 Introdução

A taxa de emissão de metano por fermentação entérica está relacionada com o alimento consumido e aos fatores que influenciam sua produção, como características físicas e químicas do alimento (KURIHARA *et al.*, 1999), as características afetam diretamente o nível de consumo e a frequência de ingestão, com isso a subnutrição contribui para aumentar os níveis de emissão de metano.

Logo, a parede celular, constituída pela fração insolúvel, apresenta potencial de degradação mais baixo, sendo resistente ao ataque de enzimas do trato gastrointestinal de ruminantes. Entretanto, devido a presença de microrganismos no rúmen alguns carboidratos estruturais presentes na parede celular podem ser degradados (RODRIGUES *et al.*, 2004).

Para estimar ou quantificar as emissões de metano é importante definir possíveis estratégias de manejo da nutrição animal que poderiam contribuir com a diminuição significativa da emissão desse gás, lembrando que a Costa Rica tem como objetivo ser carbono neutro até 2021, logo necessita quantificar as emissões e desenvolver opções de mitigação para contribuir com esse problema global (MONTENEGRO *et al.*, 2013).

Segundo RODRIGUES *et al.* (2004) a susceptibilidade a degradação ruminal da porção fibrosa varia entre espécies e durante a maturação forrageira. À medida que a planta envelhece ocorre drástica diminuição do teor proteico e aumento do teor de fibra e lignina. A lignina forma uma barreira que impede a ação microbiana e a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, indisponibilizando os carboidratos estruturais potencialmente degradáveis, resultando em decréscimos na qualidade e aproveitamento da forragem.

Dada essas características é possível estimar a absorção dos nutrientes do alimento pelo animal, a técnica da degradabilidade *in situ* é importante, principalmente, pelo fato de disponibilizar informações que permitam estimar a quantidade e a relação de nutrientes disponíveis tanto para o animal quanto para os microrganismos do rúmen. No processo de absorção pode haver diferenças entre alimentos volumosos e concentrados, devido a presença de carboidratos e lignina.

É importante estudar a degradabilidade ruminal dos alimentos, para isso existe uma técnica através do emprego de bolsas de náilon que são incubados no rúmen, que foi descrita por ORSKOV (1982). Essa técnica tem como princípio a introdução de amostras de alimentos

para analisar no rúmen do animal, onde deverá ficar armazenado no mesmo por um determinado período de tempo, o que proporciona um contato direto do alimento ao ambiente ruminal e suas dinâmicas de funcionamento, permitindo, dessa maneira, medir sua taxa de degradação (SOARES, 2007).

Baseado nisso esse trabalho tem como objetivo medir a taxa de degradação de alimentos, sendo quatro tipos de forragens e uma farinha de concentrado, em animais zebuínos sob manejo rotacionado em pastagem nativa da Costa Rica.

## **2 Degradabilidade ruminal**

O fornecimento de alimentos aos ruminantes visa a utilização de nutrientes oriundos das dietas pelos animais, tendo em consideração a proporção que se tornará disponível ao animal pela absorção dos microrganismos e o que se perderá pela fermentação ruminal, esses fatores que determinam o desempenho desses. Baseado nisso, para determinar as quantidades e relações de nutrientes necessários para o ótimo desenvolvimento microbiano e desempenho animal, deve-se em primeiro lugar estimar corretamente a medida com que os nutrientes dos alimentos, tornam-se disponíveis no rúmen (NOCEK, 1988).

Para avaliar a qualidade dos alimentos existe a técnica *in situ*, que avalia a degradabilidade animal através da metodologia descrita por MEHREZ & ORSKOV (1977), onde esse método oferece condições ótimas de temperatura, pH, tamponamento, substratos, enzimas para melhor degradação dos alimentos e conseqüentemente mais confiabilidade nos parâmetros obtidos.

A técnica *in situ* consiste na suspensão do alimento a ser analisado no rúmen do animal, para que isso se torne possível é necessário a implantação de uma cânula no animal, através da qual são introduzidos no interior do rúmen bolsas de náilon contendo o material a ser degradado. Esse material fica armazenado no rúmen por um período de tempo, o que proporciona um contato direto do alimento a ser avaliado com o ambiente ruminal e seu dinamismo, sendo possível medir assim a sua taxa de degradação (SOARES, 2007). Essa técnica é importante para obtenção de informações como a taxa e o potencial de degradação dos alimentos incubados no rúmen.

Para avaliação de degradabilidade NOCEK (1988) sugere o uso de bolsas de náilon com porosidade entre 40 a 60  $\mu\text{m}$ , tamanho de partícula de 2 mm para as amostras, introdução das bolsas na posição ventral do rúmen, em diferentes horários e retirada simultânea para diminuir o erro experimental. O autor recomenda, em relação ao tempo, em intervalos de vinte e quatro horas de três a doze tempos de incubação e para avaliações superiores a esse período recomenda intervalos de seis a doze horas.

O tempo de incubação ruminal é uma das variáveis de maior influência sobre a representatividade dos resíduos indigestíveis em procedimentos de incubação *in situ* (CASALI *et al.*, 2008). Pois quanto maior o número de tempos de incubação das bolsas, além de aumentar o trabalho experimental, poderá interferir no processo digestivo ocasionado pelo constante manuseio ruminal.

É importante conhecer que quanto a disponibilidade ruminal os nutrientes podem ser classificados em três frações:

- solúvel;
- degradável;
- não degradável.

A técnica *in situ* permite quantificar essas frações e determinar a taxa de degradação da fração degradável (VAN SOEST, 1994).

### **3 Caracterização das espécies incubadas**

#### **3.1 Modelo de bovinocultura de cria intensivo sustentável (MIS – Costa Rica)**

O sistema MIS – Costa Rica pertence ao um projeto desenvolvido pelo INTA Costa Rica em dez propriedades rurais distribuídas no país, uma dessas propriedades pertence a EELD, o sistema iniciou em 2013 e tem duração até 2020, o mesmo é composto por dez hectares (tamanho médio de uma propriedade rural de bovinocultura de corte na Costa Rica) e está dividido em piquetes para pastejo racional estilo Voisin, com descanso entre piquetes de 28 a 35 dias, onde a carga animal oscila entre 2,5 – 3,0 unidade animal (UA = 450 kg/PV) por hectare ao ano em pasto nativo local, onde a predominância da espécie é o pasto naturalizado ratana (*Ischaemum indicum*).

O *Ischaemum indicum* é popularmente conhecido como pasto ratana, muito resistente ao pastejo, sendo considerada uma espécie invasora, devido à alta produção de sementes, com baixo valor nutritivo, no entanto muitos produtores afirmam que os bovinos gostam dessa pastagem e que a mesma é muito palatável. O pasto ratana é uma gramínea perene, de caule ereto, com altura média de 30 cm, tem boa cobertura de solo, tolera a umidade e tem exigência de médio a alto teor de fertilidade. É bem adaptada ao trópico úmido e a variedade de solos o que levou ao pasto ratana se naturalizar no país.

Dentro do sistema MIS há outras variedades, no entanto, a presença das mesmas não é significativa perante a presença do pasto ratana.

### **3.2 *Brachiaria* híbrida cv. CIAT BR02/1752 Cayman**

O híbrido Cayman é um clone BR02/1752 oriundo de cruzas sexuais, selecionando o quarto ciclo (C<sub>4</sub>) das plantas de uma população de plantas de cria sexual sintética que possui germoplasmas das espécies de *Brachiaria* (*B. ruziziensis*, *B. brizantha* e *B. decumbens*). A população de cria tetraploide foi sintetizada em 1993, mediante a polinização aberta de vinte e nove clones completamente sexuais, os quais foram selecionados de populações híbridas obtidas de cruzas de nove progenitoras de pólen selecionadas de *B. decumbens* e *B. brizantha*, assim como de germoplasma *B. ruziziensis* artificialmente tetraploidizado, que deriva de um material originalmente produzido na Universidade Católica de Lovaina (Bélgica) e denominado ao Centro Internacional para Agricultura Tropical (CIAT) em 1988.

O quarto ciclo do cultivar foi resultado de três ciclos de seleção e recombinações. A seleção se baseou no mérito agrônômico geral e no comportamento durante os testes realizados, a partir de 2003 o híbrido foi comprovadamente uma boa pastagem. O híbrido Cayman possui boa persistência de pastejo, além de apresentar boa cobertura de solo e produção de forragem, com produção média anual de 15 toneladas de matéria seca por hectare (t/MS/ha). O híbrido Cayman tolera bem solos úmidos, no entanto os mesmos devem apresentar de média a alta fertilidade. Apesar do híbrido Cayman exigir solos mais férteis (PASTURAS DE AMERICA, 2016) as parcelas amostradas não recebem nenhuma adubação.

### **3.3 Capim mombaça (CATIE)**

O capim mombaça (*Panicum maximum*) (CATIE) é oriundo da África e foi desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte (CNPGC) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), tem propagação através de sementes e pode ser plantada a lanço (VILELA, 2017).

É uma planta cespitosa de ciclo perene, com altura média de 1,65 m, folhas quebradiças de largura média e sem serosidade, ainda possui poucos pêlos, as bainhas são glabras e os colmos levemente arroxeados, a inflorescência é uma panícula, com ramificação primárias longas e secundárias (VILELA, 2017).

Além disso, tem baixa tolerância ao frio, seca, insetos, solos mal drenados e solos salinos, necessita solo de média a alta fertilidade para desenvolvimento. É um capim utilizado para pastejo, muito aceitável pelos animais, pois possui boa palatabilidade e boa digestibilidade (VILELA, 2017).

A pastagem, chamada no trabalho por CATIE, recebe adubação anual de trezentos quilogramas por hectare ao ano (kg/ha/ano) de adubação nitrogenada, para expressar seu potencial produtivo.

### **3.4 Planta de mandioca**

A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma planta nativa do Brasil e cultivada em diversas regiões do mundo, possui excelentes qualidades nutritivas para a alimentação animal, além disso sua produção é menos exigente em insumos do que a maioria das culturas utilizadas para alimentação, o que permite a produção em épocas de seca ou em lugares com situações adversas e permite baixar os custos de produção. Muitas propriedades rurais costumam utilizar a mandioca como alimento animal, no entanto, acabam não utilizando a parte aérea da planta, o que acaba sendo um desperdício (CARVALHO, 1983).

O uso da mandioca na Costa Rica foi introduzido na alimentação animal a fim de suprir a falta que o país possui por não produzir grãos para desenvolver concentrados, pois o mesmo é muito pequeno em área e isso impede a produção de soja ou milho, por exemplo. Esse fator obriga o país a importar todo o grão demandando pela produção animal. Dessa forma, as

instituições governamentais começaram a pesquisar sobre variedades de mandioca e desenvolver os cultivos dentro do país (CARVALHO, 1983).

Para conhecer mais sobre a planta o país visitou o Brasil e atualmente, desenvolve diferentes variedades dentro do país a fim de testar as espécies mais adaptadas, com maior produção de matéria seca e as qualidades nutricionais das mesmas. Desenvolvendo o uso da mandioca para alimentação animal usa-se a planta inteira (CARVALHO, 1983).

A mandioca pode ser classificada em mansa, sendo doce ou de mesa, ou brava, sendo amarga ou venenosa. As plantas são herbáceas, lenhosas, subarborescentes e arbustivas, a altura varia de um a cinco metros e podem ou não serem ramificadas (CARVALHO, 1983). As parcelas de plantio de mandioca, tanto da variedade da raiz quanto da folhagem, receberam fertilização aos 22 dias, com 300 kg/ha utilizando a fórmula 10-30-10 de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio).

#### **3.4.1 Folhagem de mandioca**

A parte aérea da mandioca (ramas, pecíolos e folhas) possui alto valor nutritivo (proteína, carboidratos, vitaminas e minerais), além de excelente aceitabilidade pelos animais (CARVALHO, 1983). As folhas são boa fonte de alimentação de ruminantes, lhes fornecendo o volumoso necessário da dieta. A folhagem pode ser fornecida aos animais fresca, seca ou ensilada, mas quando fornecida fresca deve passar por processo para eliminação do ácido cianídrico que é liberado por hidrólise enzimática dos glicídios cianogênicos, a hidrólise é acelerada pelo calor e acima de 75° C as enzimas são inativadas, para folhagem conservada não há níveis de toxidez.

A variedade utilizada é denominada *Lirios*, que segundo pesquisas do INTA não publicadas é a folhagem com maior teor de nutrientes, no entanto, a que possui menor quantidade de matéria seca presente. Além disso, é a principal espécie para utilização da parte aérea na alimentação animal (CARVALHO, 1983).

### **3.4.2 Raiz de mandioca**

A parte subterrânea da mandioca é composta pelas raízes tuberosas e feculentas, essas são ricas em energia e pobres em proteína, tem baixa quantidade de fibras, elevado coeficiente de digestibilidade e larga relação nutritiva. Além disso, contem sacarose, maltose e glicose. A maior parte dos carboidratos solúveis é constituída pelo amido (CARVALHO, 1983).

As raízes da mandioca podem ser fornecidas de diversas maneiras, como: fresca, desidratada pelo sol ou por uma fonte com energia ou ensilada. A mandioca de maneira armazenada é importante para servir de suplementação em períodos críticos da produção, como em seca ou muita chuva, e ajuda a controlar e diminuir os custos. Assim como nas folhas, as raízes possuem ácido cianídrico e devem passar por exposição ao sol para inativar o mesmo, quanto as raízes conservadas não há toxidez (CARVALHO, 1983).

A raiz de mandioca utilizada é a cultivar CM 7951-5, ainda não foi desenvolvida para comercialização de sementes, é uma variedade amarga, mas não venenosa, segundo pesquisas que estão sendo desenvolvidas pelo INTA possui alto percentual de matéria seca, boa produtividade e é muito aceita pelos animais.

## **4 Material e métodos**

O experimento foi desenvolvido entre os dias sete a catorze de fevereiro de 2017, na área de bovinocultura de corte da Estación Experimental Los Diamantes (EELD) do Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) que se encontra no distrito de Guapiles, cantón de Pococí, na província de Limón, Costa Rica. Entre as coordenadas geográficas de latitude 10.2119312, de longitude -83.7735173 e altitude de 258 metros (GOOGLE MAPS, 2017). O local segundo a classificação de HOLDRIDGE (1978) corresponde a floresta úmida tropical basal, com precipitação média anual de 4332 milímetros, sem estação de seca e temperatura média diária de 24,6° C.

O material utilizado para conhecimento da degradabilidade ruminal são alimentos representativos de propriedades rurais da Costa Rica, os mesmos foram amostrados na EELD (MIS – Costa Rica, híbrido Cayman, rama de mandioca, raiz de mandioca) e no CATIE (capim mombaça).

As pastagens foram amostradas com o método de simulação de pastejo dos animais, os mesmos foram acostumados com a presença para coleta. Foi coletado em torno de dois quilos de material verde para realização de uma sub amostragem, o mesmo foi secado em estufa a 65°C por 48 horas em bolsas de papel previamente identificadas. Após secas as amostras foram moídas em um moinho de facas utilizando a malha de 2 mm, esse tamanho é necessário para que as partículas não passem pelas bolsas de náilon, pois se ocorrer perda de material os resultados seriam manipulados, essa espessura fornece garantia que os microrganismos ruminais vão consumir os alimentos dentro das bolsas. As forragens coletadas na EELD não recebem nenhuma adubação, enquanto que a forragem coletada no CATIE recebe 300 kg/ha/ano de adubação nitrogenada.

A folhagem de mandioca passou por uma pré picagem em uma máquina de pedal manual, permaneceu no sol por 24 horas, após esse tempo foi seca na estufa a 65°C por 48 horas e moída em moinho de facas em uma malha de 2 mm. Enquanto que a raiz de mandioca, após coletada, passou por uma lavagem em água corrente para retirada do excesso de terra presente, mas mantido a casca da raiz, após passou pelo mesmo processo que a folhagem. As amostras foram analisadas quanto a matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e a fibra em detergente neutro (FDN), conforme Tabela 06.

Tabela 6. Especificações dos alimentos incubados.

Local de coleta	Espécie	Nome	Especificações	MS *	PB	FDN
				%		
CATIE	<i>Panicum maximum</i>	Mombaça	28 dias de rebrote, fertilizado	21,5	11,1	67,9
			42 dias de rebrote, sem fertilização	25,2	9,6	68,6
EELD	<i>Brachiaria</i> híbrido cv. Cayman	Híbrido Cayman	42 dias de rebrote, sem fertilização	25,2	9,6	68,6
EELD	<i>Ischaemum indicum</i>	Ratana	30 dias de rebrote, sem fertilização	31,2	13,1	68,9
EELD	<i>Manihot esculenta</i>	Raiz cv. CM 7951-5	12 meses, fertilizada aos 22 dias	62,0	2,8	43,3
EELD	<i>Manihot esculenta</i>	Folhagem cv. <i>Lirios</i>	4 meses, fertilizada aos 22 dias	17,7	16,3	37,7

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza); EELD (Estación Experimental los Diamantes); MS (Matéria seca); PB (Proteína bruta); FDN (Fibra em detergente neutr). \*A matéria seca foi realizada em estufa a 60° C.

Todos os materiais estavam moídos a 2 mm e em embalagens identificadas, esses foram alocados em bolsas de náilon de 52 µm, que estavam identificadas por numeração aleatória com caneta marca texto permanente. As bolsas foram pesadas e anotado o peso de cada uma através da numeração assim como os alimentos, ambos pesados na mesma balança eletrônica, as amostras pesavam cerca de cinco gramas cada alimento, a ficha de anotação pode ser visualizada no Anexo 02. Após pesagem e colocação das amostras de alimentos dentro das bolsas os mesmos foram amarrados com um barbante de coloração branca.

As bolsas foram prendidas em uma corrente de metal com trinta e cinco argolas, uma extremidade da corrente continha um cano de PVC TÊ  $\frac{3}{4}$ , 3 roscas com numeração de 1 a 3, que estavam sustentadas nas mesmas por um barbante. O cano de PVC ficava para fora da fistula com o objetivo de encontrar e retirar a corrente com as amostras.

O experimento foi realizado em oito tempos, para conhecer a degradabilidade dos alimentos incubados, com isso foram realizados nos seguintes tempos: 72, 48, 24, 17, 7, 3, 1 e 0 horas, os tempos de 0 a 7 horas foram realizados no mesmo dia.

Para realização da degradabilidade ruminal se utilizou um experimento inteiramente casualizado com três repetições, sendo essas, três animais machos da raça Brahman, não castrados, com idade média de 60 meses, peso médio de 450 kg, providos de cânula ruminal e adaptados ao manejo de degradabilidade ruminal, identificados com brincos e tatuados. Os mesmos permaneceram em pastagem durante o experimento com água e pastagem *ad libitum*. O modelo seguiu o modelo matemático segundo LUCAS (1983):

$$Y_{ijk} = \mu + E_j + R_k + E_{ijk}$$

Onde,

$Y_{ijk}$  = Degradabilidade no quadrado experimental (i), idade em dias de rebrote (j) e animal (k);

$E_j$  = Efeito da idade j (dias de rebrote);

$R_k$  = Efeito do animal k (três animais);

$E_{ijk}$  = erro aleatório.

Para inserir as correntes com as bolsas de amostras nos animais os mesmos eram conduzidos para a mangueira e mantidos no tronco de contenção. As fistulas eram abertas com a mão, a corrente acomodada dentro do rúmen e a cânula era fechada, esse procedimento tinha duração média de seis minutos por animal. O material para os tempos de 48 e 24 horas foram acomodados na corrente de 72 horas, e as bolsas foram suspensas pela ponta inversas da corrente onde estava o cano de PVC, dessa maneira, as amostras que já estavam na corrente não saíram do rúmen após serem inseridas. O mesmo procedimento foi realizado para os tempos inferiores a 7 horas, que se realizaram no mesmo dia. Tanto o horário de início quanto o final foram anotados nas fichas dos materiais.

Após percorrer o tempo de incubação as correntes com as bolsas foram retiradas e lavadas em um balde com água fria, após foram conduzidas ao laboratório de bovinocultura para lavagem em água corrente e permaneceram vinte e quatro horas pendurados para escorrer a água. As amostras foram levadas para o Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) e acomodadas em estufa a 64° C por 48 horas, resfriadas no dessecador e pesadas, conforme técnica descrita por ORSKOV (1982).

As bolsas com amostras que determinavam o tempo 0 foram para determinar a fração prontamente solúvel, esses foram introduzidos no rúmen e imediatamente retirados, porém essas amostras receberam o mesmo tratamento posterior que as demais amostras.

Os resíduos da degradabilidade foram analisados quanto ao teor de matéria seca (MS), através da fórmula:

$$\text{Degradabilidade (\%)} = \frac{\text{Quantidade inicial} + \text{Quantidade residual}}{\text{Quantidade inicial}} * 100$$

Com isso, é possível aplicar o modelo proposto por ORSKOV (1982), onde o percentual de material degradado (p) depois de um tempo (t) pode descrever a seguinte equação:

$$P = A + B(1 - e^{-ct})$$

Onde,

P = Percentual de degradação acumulada no tempo t;

A = Interceptação da curva de degradação quando t=0 (fração rapidamente solúvel);

B = Fração que se degrada por ação microbiana;

c = Constante a qual a fração descrita como B é degradada por hora;

t = tempo em hora.

Os resultados foram analisados pelo pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS) versão 9.4 com um nível de significância de 5% de probabilidade.

## 5 Resultados e discussões

Na Figura 14 é possível observar o comportamento dos alimentos incubados nos animais. Foram cinco alimentos, sendo três forragens de pastejo, uma forragem de corte e uma raiz de alimento concentrado, que foram incubados em diferentes tempos, desde o tempo 0 até o tempo de 72 horas, com correção para 74 horas.

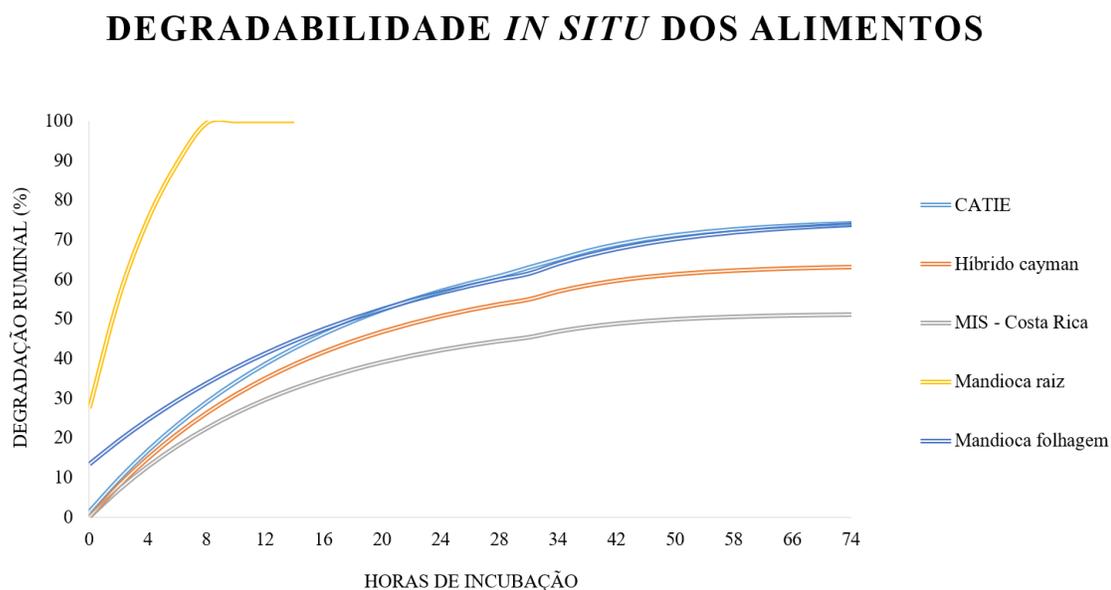


Figura 14. Curvas de degradabilidade *in situ* dos alimentos incubados.

Conforme figura é possível reconhecer que após determinado período não houve mais degradação pelos microrganismos ruminais, além disso, a mandioca raiz apresenta degradação total em torno de oito horas de incubação. A mandioca raiz e folhagem apresentam fração solúvel e insolúvel que desaparece imediatamente, no entanto há uma fração que não é degradada, pois a ação microbiana começa depois do tempo 0 (ORSKOV, 1982).

Com a técnica *in situ* é possível avaliar as frações A e B dos alimentos, assim como a taxa de degradação da fração B e o tempo médio de degradação, que podem ser visualizados na Tabela 07.

Tabela 7. Taxa de degradação dos alimentos incubados.

Alimento	Fração A	Fração B	Taxa de degradação da fração B	Tempo médio de degradação
	%	%	% hora	horas
<b>CATIE</b>	0,0 a	73,7 a	5,9 a	12,1 a
<b>Híbrido Cayman</b>	0,0 a	63,6 d	6,7 a	10,6 a
<b>MIS – Costa Rica</b>	0,0 a	51,3 b	7,2 a	9,7 a
<b>Mandioca raiz</b>	27,5 b	97,2 c	16,8 b	4,2 b
<b>Mandioca folhagem</b>	13,5 b	61,8 d	5,0 a	14,0 a

Importante ressaltar que dentre os resultados a fração A é rapidamente solúvel, onde é possível observar dois grupos significativamente diferentes em relação a disponibilidade imediata da matéria seca em nível ruminal. A primeira composta por pastagens, as quais iniciam com baixa solubilidade e a segunda constituída pela mandioca, tanto a raiz quanto a folhagem, com valores de 27,5% e 13,5% respectivamente.

Enquanto que a fração B depende da ação microbiana do rúmen, por isso também é conhecida como degradação potencial, ainda que em baixas condições normais, é provável que o tempo de permanência do alimento no rúmen não chegue a esses extremos de tempo, o importante é observar o tempo médio de degradação que pode ser similar a taxa de passagem. Se observa que a forragem com menos degradação potencial foi do pasto MIS – Costa Rica, que é composto por pasto ratana, que foi significativamente diferente aos demais. A pastagem de híbrido Cayman e mandioca folhagem apresentaram valores semelhantes entre eles e com diferenças com os demais, apesar de apresentarem valores potenciais de degradação médios, ainda estão adequados aos valores para a região de coleta e avaliação. Ainda dentro do grupo de forragens CATIE foi o que alcançou a maior degradação potencial, isso se deve, provavelmente, ao fato dessa forragem receber adubação nitrogenada anualmente, o que melhora a sua qualidade e conseqüentemente a degradação ruminal. Ainda a mandioca raiz que obteve, praticamente sua degradação total, sendo excepcional.

Quanto a taxa de degradação, que é uma constante da fração B degradada por hora, das forragens foi significativamente menor em relação a da mandioca raiz. A mandioca folhagem

mostrou menor taxa de degradação e foi significativamente diferente a de CATIE que obteve a melhor taxa de degradação avaliada entre as pastagens, enquanto que a mandioca raiz após oito horas de incubação foi totalmente degradada.

O tempo médio de degradação é o tempo no qual a metade do material incubado é degradado, onde foi possível observar uma tendência similar na taxa de degradação em relação aos diferenciais entre os alimentos, isso porque o tempo médio é calculado com a constante sobre a taxa de passagem. Ainda foi possível observar que as pastagens alcançaram tempo médio rapidamente, 10,8 horas em média, com uma diferença entre a maior e a menor de 2,4 horas. A mandioca folhagem foi a que apresentou maior tempo médio de degradação, enquanto que a mandioca raiz foi a que apresentou o menor.

Baseado no tempo de incubação dos alimentos é possível observar o tempo em horas que cada alimento permaneceu no rúmen para alcançar sua máxima degradação, conforme Tabela 08 é possível visualizar o tempo de retenção dos alimentos e sua degradação real.

Tabela 8. Tempo de retenção dos alimentos e sua degradação real.

<b>Alimento</b>	<b>Retenção ruminal</b>	<b>Degradação real</b>
	Hora: minutos	%
<b>CATIE</b>	20: 48	53,2
<b>Híbrido Cayman</b>	23: 24	52,0
<b>MIS – Costa Rica</b>	27: 25	45,4
<b>Mandioca raiz</b>	7: 48	98,6
<b>Mandioca folhagem</b>	21: 24	55,6

É possível visualizar que após esse tempo, em horas, cada alimento alcançou o máximo de degradação ruminal, embora tenham sido incubados por até 72 horas, acima desse período os microrganismos ruminais já não aproveitavam mais os alimentos. A forragem com maior degradabilidade ruminal foi a mandioca folhagem, provavelmente, por essa ter recebido adubação e ter alto percentual de proteína na sua composição. CATIE vem na seguida e sua maior degradabilidade aos demais pastos se deve a sua adubação nitrogenada ao longo do ano e o melhoramento genético do cultivar utilizado, o mesmo explica ao híbrido Cayman que possui

boa degradabilidade, embora não receba fertilização, logo se o mesmo fosse fertilizado poderia melhorar a degradação ruminal. O pasto presente no sistema MIS – Costa Rica obteve a menor taxa de degradação dos pastos, e dois fatores podem explicar esse desempenho, um que a pastagem não recebe nenhum tipo de fertilização e outro que não possui nenhum melhoramento genético empregado nas pastagens, apenas diferimento de pastagem. Segundo VAN SOEST (1994) a digestibilidade das gramíneas de clima tropical diminui continuamente durante o seu desenvolvimento, esse fator tem relação ao avanço da maturidade da forragem com o aumento nos constituintes da parede celular, principalmente a lignina, além de reduzir a relação folha:colmo, o autor ainda menciona que componentes morfológicos da forragem utilizada e o clima influenciam na digestibilidade, afirmando que forragens em clima tropical são menos digestíveis que de clima temperado.

Para facilitar a visualização as quatro forragens tiveram a taxa de degradabilidade ajustadas para 21 horas, onde CATIE, híbrido Cayman, MIS – Costa Rica e mandioca folhagem apresentaram degradabilidade (%) de 54,55, 46,99, 34,99 e 54,97, respectivamente. Sendo visível que o desempenho da pastagem composta por capim mombaça é semelhante a folhagem de mandioca.

Algumas forragens de baixa qualidade tendem a resultar em baixas taxas fermentativas que atendem apenas aos requisitos de manutenção das bactérias ruminais, impondo limitações severas no aproveitamento da forragem pelo animal, além disso algumas forragens possuem taninos e outros polifenóis, os quais protegem a proteína e a celulose da degradação ruminal (VAN SOEST, 1994) e esses fatores diminuem a digestibilidade animal e aumentam o tempo de ruminação para aproveitar mais os nutrientes, pois se o alimento não é degradado no rúmen acaba sendo excretado pelas fezes. Já a mandioca raiz é que possui o menor tempo de incubação, possivelmente, por não possuir celulose na sua composição, o que facilita a ação dos microrganismos, além disso, VAN SOEST (1994) afirma que a fermentação de amido e açúcares diminui o pH ruminal, por produzir maior quantidade de ácido graxos voláteis, principalmente propionato pela via do ácido láctico, que pode se acumular no rúmen, reduzindo a digestão da fibra, o que explica o consumo total de mandioca farinha e consumo parcial das demais forragens.

VAN SOEST (1994) relata que a taxa de fermentação da fibra é quem vai determinar a disponibilidade de energia a nível ruminal e conseqüentemente irá influenciar no

desenvolvimento da flora microbiana do rúmen, portanto, se a fibra possuir baixo potencial fermentativo, a vantagem de retenção no rúmen será perdida. Ainda ressalta que ruminantes em pastejo maximizam a utilização de carboidratos celulósicos por causa do trato digestivo, sendo utilizados de maneira mais eficiente.

As forrageiras mais novas apresentam menor teor de FDN em relação aos que tem idade mais avançadas, o que permite ação mais eficiente dos microrganismos ruminais sobre o alimento (ARAÚJO *et al.*, 2010). Reduções nos valores de degradabilidade efetivas devem-se ao aumento do conteúdo da parede celular e ao acúmulo de lignina indigerível na célula vegetal, comportamento já relatado por diversos autores com gramíneas tropicais, como os trabalhos de RODRIGUES *et al.* (2004) e SILVA *et al.* (2007).

Ocorrem variações no percentual de degradação ruminal da porção fibrosa entre as espécies e também com o nível de maturação da forrageira. À medida que se avança a idade de maturação da planta, ocorre drástica diminuição do teor de proteína e aumento do teor de fibra e lignina. A lignina forma uma barreira que impede a aderência microbiana e a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, disponibilizando os carboidratos estruturais potencialmente degradáveis, diminuindo a digestibilidade da fibra e a qualidade e aproveitamento da forragem (RODRIGUES *et al.*, 2004).

## **6 Conclusão**

A raiz da mandioca possui boa degradabilidade ruminal, sendo consumida antes de oito horas de incubação, as forragens apresentaram degradabilidade de, aproximadamente, metade da quantidade incubada. Ainda é possível identificar que após, aproximadamente, 30 horas de incubação os nutrientes dos alimentos não são mais degradados pelos microrganismos ruminais e que a mandioca, tanto folha quanto raiz, são boas opções de alimentação animal para redução de custos e aproveitamento de toda a planta da mandioca.

## **Considerações finais**

O sistema de medição de metano foi implantando de maneira satisfatória na Costa Rica em animais adultos produtivos e em pastejo, encontrando resultados semelhantes aos da literatura para animais sob as mesmas condições.

A emissão de metano dos animais está relacionada ao consumo, por isso é importante que os animais consumam alimentos mais digestíveis, diminuindo o tempo de ruminação. Por isso manejar as pastagens ajuda a diminuir as emissões e aumentar a produtividade animal, esse manejo inclui permitir o crescimento e desenvolvimento foliar para alimentação animal.

Outro fator importante para sistemas cada vez mais desenvolvidos é a zootecnia de precisão onde é possível selecionar animais mais robustos, eficientes e com baixa emissão de metano, trabalhar com o melhoramento da alimentação animal e desenvolver transferências de microbiota ruminal de animais de baixa emissão para animais de alta emissão. É importante sobretudo reconhecer as oportunidades e aplicar a zootecnia de precisão para desenvolver sistemas de produção cada vez mais sustentáveis e competitivos.

O desenvolvimento do trabalho permitiu quantificar a emissão em gramas de metano por animal dia e também por coleta, onde sabe-se que há variações ao longo do ano. Interessante desenvolver trabalhos onde possa identificar os meses que há maior emissão desse gás e também quantificar os produtos finais dentro da cadeia, para saber a produtividade e com isso ter mais pressão de seleção dentro dos sistemas de produção.

As forragens incubadas apresentaram resultados interessantes o que permite que a Costa Rica tenha boas opções de alimentação animal a base de pastagens e duas opções de suplementação com o uso da mandioca que é uma planta com potencial para ser desenvolvido no país e substituir a soja.

## Referências

- ALVARADO, L.; CONTRERAS, W.; ALFARO, M.; JEMÉNEZ, E. **Escenarios de Cambio Climatico regionalizados para Costa Rica**. San José, p.1060, 2012.
- ARAÚJO, S. A. C.; VÁSQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C.; DEMINICIS, B. B.; CAMPOS, P. R. S. S. C.; LISTA, F. N. **Degradação ruminal e estimativa de consumo de genótipos de capim elefante anão**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 1, p. 18 – 24, 2010.
- BEAUCHEMIN, K. A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T. A. **Nutritional management for enteric methane abatement: a review**. Australian journal of experimental agriculture, v. 48, p. 21 – 27, 2008.
- BERRA, G.; FINSTER, L. **Emisión de gases de efecto invernadero: influencia de la ganadería Argentina**. INTA, Argentina, p. 4, 2002.
- CABOSTRAL. **Clima e tempo: Costa Rica**. 2016. Disponível em: <<http://www.cabostral.com/tempo-costa-rica.php>>. Acesso em 27 de junho de 2017.
- CARVALHO, J. L. H. **A mandioca raiz e parte aérea na alimentação animal**. Brasília, p. 9 – 35, 1983.
- CHACÓN, A.; JIMÉNEZ, G.; MONTENEGRO, J.; SASA, J.; BLACO, K. **Inventario Nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono**. São José, p. 68, 2010.
- CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; HENRIQUES, L. T.; FREITAS, S. G.; PAULINO, M. F. **Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, n. 2, p. 335 - 342, 2008.
- CHASE, L. **Methen mitigation strategies for dairy herds**. 78<sup>th</sup> annual cornell nutrition conference for feed manufactures. New York, p. 232, 2016.

CIÊNCIA PARA SUSTENTABILIDADE (CCST). **Agropecuária pode reduzir emissões de gases de efeito estufa.** 2016. Disponível em: <<http://www.ccst.inpe.br/agropecuaria-pode-reduzir-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa/>>. Acesso em: 29 de maio de 2017.

ECOLNEWS. **O efeito estufa.** Disponível em: <[http://www.ecolnews.com.br/efeitoestufa/efeito\\_estufa\\_os\\_gases\\_causadores.htm](http://www.ecolnews.com.br/efeitoestufa/efeito_estufa_os_gases_causadores.htm)>. Acesso em 25 de maio de 2017.

GERBER, P. J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B.; MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G. **Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities.** Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, cap. 3, p. 15 - 21, 2013.

GOOGLE MAPS. **Coordenadas geográficas 2017.** Disponível em: <<http://www.mapcoordinates.net/pt>>. Acesso em 30 de maio de 2017.

GRUPO PUBLIQUE. **Crescimento da DSM na América Latina envolve investimento de US\$ 20 milhões.** 2017. Disponível em: <<https://publique.com/blog/crescimento-dsm-na-america-latina-envolve-investimento-de-us-20-milhoes/>>. Acesso em 27 de junho de 2017.

HEGARTY, R. S.; GOOPY, J. P.; HERD, R. P.; MCCORKELL, B. **Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production.** Journal Animal Science, 2007, v. 85, p. 1479 – 1486.

HOLDRIDGE, L. R. **Ecología basada en zonas de vida.** San José, cap. 2 e 3, p. 14 – 48, 1987.

INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL (IMN); MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA (MINAE). **Costa Rica 2014: Tercera comunicación nacional a la convención marco de naciones unidas sobre el cambio climático.** San José, cap. 7, p. 224 -228, 2014.

INOVAGRID. **Dez países emitem quase 70% dos gases do efeito estufa do mundo.** Disponível em: <<http://www.inovagrid.com/geracao-com-biogas/dez-paises-emitem-quase-70-dos-gases-do-efeito-estufa-do-mundo/>>. 2016. Acesso em 25 de maio de 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Guidelines for national greenhouse gas inventories: agriculture, forestry and other land use**. Kanagawa, vol. 4, cap. 10, p. 7, 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge University Press, cap. 4, p. 218, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2013. **The final draft report – Technical Assessment. Work group I contribution to the IPCC 5<sup>th</sup> assessment report “Climate change 2013: The physical science basis”**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. **Methane emissions from cattle**. Journal of Animal Science, v. 73, p. 2483 – 2492, 1995.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; MCCRABB, H.; MCCRABB, G. **Methane production and energy partition of cattle in the tropics**. British journal of nutrition, v. 81, p. 227 – 234, 1999.

LASCANO, C. E.; CARULLA, J. E.; VARGAS, J. J. **Strategies for reducing methane emissions from ruminants**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 06, p. 1315 – 1335, 2011.

LASSEY, K.; MARCUS, J.; ULYATT, J.; MARTIN, R.; WALKER, C.; SHELTON, D. **Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand**. Atmosph. Environment, v. 31 (18), p. 2905 – 2914, 1997.

LUCAS, H. L. **Design and analysis of feeding experiments whit milking dairy cattle**. Universidade Estatatal de Carolina do Norte, cap. 16, p. 34, 1983.

MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R. **A study of the artificial fiber bag technique for determination the digestibility of feeds in the rumen**. Journal of Agricultural Science, Cambridge, v. 88, n. 1, p. 645, 1977.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA (MINAE); MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG); PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL

DESARROLLO (PNUD). **Concepto NAMA fincas ganaderas Costa Rica noviembre 2013: um sector ganadero más eco-competitivo a través de prácticas de producción bajas en emisiones y transformacionales.** San José, p. 2 – 4, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Emissões de gases de efeito estufa.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/emiss%C3%B5es-de-gee>>. Acesso em: 29 de maio de 2017.

MONTENEGRO, J.; BARRANTES, E. **Determinación de la emisión de metano em novillos Brahaman en el ecosistema de bosque seco tropical de Costa Rica.** Informe disponible em Archivos tecnicos INTA, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, p. 71 – 74, 2015.

MONTENEGRO, J. B.; INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA); MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG); INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL (IMN); MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA (MINAE). **El cambio climático y el sector agropecuario costarricense: contribuyendo con la mitigación.** San José, v. 2, p. 136 – 148, 2013.

MOSS, A.; JOUANY, J. P.; NEWBOLD, J. **Methane production by ruminates: its contribution to global warming.** Annales Zootechnie, v. 29, p. 232 – 253, 2000.

MURRAY, R. M.; BRYANT, A. M.; LENG, R. A. **Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep.** British of nutrition, v. 36, p. 1 – 14, 1976.

NOCEK, J. E. **In situ and others methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review.** Journal of Dairy Science, v. 71, n. 8, p. 2051 – 2059, 1988.

OFICINA CATALANA DEL CAMBIO CLIMÁTICO. **Metodología de inventarios de gases de efecto invernadero (GEI): cuestiones básicas.** Catalunya, p. 9, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **A economia das mudanças climáticas na América Latina e no Caribe.** CEPAL, Santiago, p. 113, 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). **Emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra America Latina y Caribe**. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/238841/>>. Acesso em 27 de maio de 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). **Base de dados da FAO**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/EM>>. Acesso em 27 de maio de 2017.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). **Declaración sobre el estado del clima mundial en 2016**. Geneve, Suíça, n. 1189, p. 9, 2017.

ORSKOV, E. R. **Protein nutrition in ruminants**. Nova Iorque, cap. 3, p. 45 – 73, 1982.

PASTURAS DE AMÉRICA. **Un nuevo híbrido para el mundo tropical – Brachiaria híbrida cv. CIAT BR02/1752 “Cayman”**. 2013. Disponível em: <<http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/brachiaria-hibrida-cayman/>>. Acesso em 06 de junho de 2016.

PEDREIRA, M.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R.; OLIVEIRA, G. S.; BERCHIELLI, T. **Ruminal methane emission by dairy cattle in Southeast Brazil**. Science Agriculture, n. 6, ed. 66, p. 742 – 750, 2009.

PRATT, L.; RIVERA, L.; SANCHO, F. **Opciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en Costa Rica: Hacia la Carbono Neutralidad em el 2021**. INCAE, San José, p. 12, 2010.

PRIMAVESI, O.; SHIRAIISHI, R.; SANTOS, M.; LIMA, M.; BERCHIELLI, T.; BARBOSA, P. **Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, n. 3, ed. 39, p. 277 – 283, 2004.

RODRIGUES, A. L. P.; SAMPAIO, I. B. M.; CARNEIRO, J. C.; TOMICH, T. R.; MARTINS, R. G. R. **Degradabilidade in situ da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em**

**diferentes épocas de corte.** Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia, v. 56, p. 658 – 664, 2004.

RODRIGUES, L. R. de A.; RODRIGUES, T. de J. D.; REIS, R. A.; FILHO, C. V. S. **Produção de massa seca e composição química de cinco cultivares de *Cynodon*.** Acta Scientiarum. V. 28, n. 3, p. 251 – 258, 2006.

SILVA, P. A.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; DETMANN, E.; PAIXÃO, M. L. **Valor energético do capim elefante em diferentes idades de rebrota e estimativa da digestibilidade in vivo da fibra em detergente neutro.** Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia, v. 59, n. 3, p. 711 – 718, 2007.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Agropecuária 1970 - 2014.** 2014. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/panorama-agropecuaria/>>. Acesso em 29 de maio de 2017.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Emissões por setor agropecuário.** 2015. Disponível em: <<http://plataforma.seeg.eco.br/sectors/agropecuaria>>. Acesso em 29 de maio de 2017.

SOARES, A. P. M. **Ajuste do modelo de Orskov e McDonald (1979) a dados de degradação ruminal in situ utilizando mínimos quadrados ponderados.** 2007, 62 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação, Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, 2007.

STERN, N. **Informe Stern: La economía del cambio climático.** Cambridge University Press, p. 673, 2007.

TROPICAL FORRAGENS. **Especieis forrajeras multipropósito: *Ischaemun indicum*.** Disponível em: <<http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Ischaemun%20indicum.htm>>. Acesso em 06 de junho de 2017.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Corvallis, O & B Books, 2<sup>a</sup> ed., p. 476, 1994.

VARGAS, J.; CÁRDENAS, E.; PABÓN, M.; CARULLA, J. **Emisión de metano entérico en rumiantes en pastoreo**. Arquivo Zootecnia, v. 61, p. 51 – 66, 2012.

VILELA, H. **Série de gramíneas tropicais – gênero *Panicum* (*Panicum maximum* – capim Mombaça)**. Disponível em: [http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos\\_gramineas\\_tropicais\\_panicum\\_mombaça\\_baca.htm](http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_panicum_mombaça_baca.htm)>. Acesso em 09 de junho de 2017.

WESTBERG, H. H.; JOHNSON, K. A.; COSSALMAN, M.W.; MICHAL, J.J. **A SF<sub>6</sub> tracer technique: methane measurement from ruminants**. Revista February, p. 40, 1998.

## Anexos

Anexo 01. Planilha de dados para a medição de metano em bovinos.

Para medição de metano entérico em bovinos, dados do rebanho:

Nome da fazenda:

Amostra nº:

Localização da propriedade:

Nº frasco	Nº do animal	Raça	Idade (anos)	Sexo	Data		Hora		Pressão do colar (Bar)		Observações
					Nº Colar	Nº boçal	Inicial	Final	Inicial	Final	

Anexo 02. Ficha de anotação para as análises de degradabilidade ruminal.

### Análises de degradabilidade ruminal\*

Número do animal fistulado: \_\_\_\_\_

Hora de início: \_\_\_\_\_

Tempo \_\_\_\_\_ horas

Hora de retirada: \_\_\_\_\_

Identificação da amostra	Nº da bolsa	Peso da bolsa	Peso da amostra	Matéria seca
CATIE				
Cayman				
MIS – Costa Rica				
Mandioca folhagem				
Mandioca raiz				
Branco				

\*Para cada tempo de medição eram utilizadas três fichas iguais a essa, uma para cada animal (repetição).