



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA ANIMAL

Thaiany Araujo Ferreira Medeiros

**GASES DE EFEITO ESTUFA DO SOLO EM UM SISTEMA
SILVIPASTORIL DE CAPRINOS DE CORTE NO SERTÃO
PERNAMBUCANO**

PETROLINA-PE

2016

Thaiany Araujo Ferreira Medeiros

**GASES DE EFEITO ESTUFA DO SOLO EM UM SISTEMA
SILVIPASTORIL DE CAPRINOS DE CORTE NO SERTÃO
PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do
Vale São Francisco UNIVASF, Campos Ciências
Agrárias, como requisito da obtenção do título de
Mestre em Ciência Animal.

Orientador (a) - Prof. Dra. Salete Alves de Moraes

Co-Orientador (a) - Dra. Diana Signor Deon

PETROLINA-PE

2016

M488g	Medeiros,ThaianyAraujo Ferreira Gases de efeito estufa do solo em um sistema silvipastoril de caprinos de corte no sertão Pernambucano / ThaianyAraujo Ferreira Medeiros, 2016. 71f.: il. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2016. Orientadora: Dra. Salete Alves de Moraes. Referências. 1. Solo. 2. Capim Buffel. 3. Caatinga. 4. Caprino. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco. CDD 639.39
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Thaiany Araujo Ferreira Medeiros

**GASES DE EFEITO ESTUFA DO SOLO EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL DE
CAPRINOS DE CORTE NO SERTÃO PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção do
título Mestre em Ciência Animal, pela
Universidade Federal do Vale do São
Francisco

Aprovada em: _____ de _____ de _____

Banca examinadora:

(Salette Alves de Moraes - Dsc., Embrapa Semiárido)

(Paulo Ivan Fernandes Júnior – Dsc , Embrapa Semiárido)

(Daniel Ribeiro Menezes - Dsc, Prof. Universidade Federal do Vale São Francisco)

A Deus pelo meu respirar, à minha prima
Kariny de Medeiros Lima (*in memoriam*), que
sempre torceu e acreditou na minha vitória.

Eu Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por todo o cuidado e amor incondicional. A minha família que está presente em todos os momentos. Amo vocês!

Agradeço à Universidade Federal do Vale São Francisco pela oportunidade de fazer parte do corpo discente, aos professores e a todos os funcionários do programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, que contribuíram para meu crescimento profissional.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À rede de pesquisa PECUS, pela oportunidade de realizar o projeto.

À Embrapa Semiárido pelo apoio financeiro ao projeto, pelos animais concedidos para a realização do experimento, por toda infraestrutura e laboratórios para realização das análises. A todos os estagiários e funcionários da Embrapa que contribuíram para realização do experimento. Ao técnico do Laboratório de Cromatografia, Luiz Claudio, que sempre esteve disposto a ajudar, obrigada pela colaboração.

À minha orientadora, Salete Alves de Moraes, pela orientação, oportunidade de desenvolver e conhecer este projeto, por toda atenção e dedicação ao trabalho, pela confiança e paciência, por todas as conversas, risadas, abraços e carinho.

À melhor Co-orientadora que existe, Diana Signor Deon. Não seria possível a conclusão deste trabalho sem a sua colaboração, agradeço por toda dedicação, muita paciência, inúmeras conversas, amizade, confiança, por todo o carinho, todas as correções e conselhos. Obrigada por ensinar e transmitir um pouco do seu conhecimento e ser um exemplo a ser seguido como profissional e pessoa maravilhosa.

Aos Doutores Tadeu Voltolini e Daniel Menezes pelas contribuições fornecidas ao trabalho, por transmitirem seus conhecimentos e pela disponibilidade em ajudar.

À professora Sandra Mari Yamamoto pela orientação no estágio de Docência, por todo apoio e incentivo.

A Maria Socorro, por toda contribuição, correções e ajuda nas coletas.

À querida professora Manuela Tosto por ser o elo entre a UFBA e a Embrapa Semiárido e por todas as conversas de incentivo ao Mestrado.

Aos amigos que Petrolina me proporcionou conhecer: querida Fernanda Maria que me ajudou logo que cheguei à cidade, Ana Patrícia que aceitou dividir sua casa. Sentirei saudades!

Aos colegas de Pós-Graduação: foi um prazer conhecê-los e dividir experiências com todos vocês. Larissa Célyly obrigada por todas as caronas e conversas nos momentos de estresse.

Aos que estiveram presentes no campo, trabalho árduo nos momentos das coletas no sol: vocês foram essenciais. Estagiários do IFBA e de outras universidades que tive a oportunidade de conhecer e de mostrar um pouco do projeto. Agradeço aos meus queridos zootecnistas da UFBA: Jocasta Galvão, Leonardo Freitas, Carine Lima, Cíntia Brito por toda amizade, toda dedicação, ajuda no desenvolvimento deste trabalho e oportunidade de convivência e aprendizado. Vocês são especiais!

Aos que cativei durante o tempo de desenvolvimento das atividades na Embrapa Semiárido, muito obrigada pela companhia, risadas nos momentos de descontração, horários de almoço compartilhados, ajuda nos laboratórios, ajuda nas coletas de campo, companhia nos dias quentes na Caatinga. Manifesto minha gratidão em especial às estagiárias do setor de nutrição e produção animal e irmãs de orientação: Amélia Macedo, Aline Laurentino, Layse Gordiano, Regeane Ribeiro, Rosana Lima e aos estagiários da UNIVASF Alex Gomes, Wasline Terllizzie. Obrigada, pela oportunidade de construir uma amizade.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram, acreditaram e ajudaram para a conclusão deste trabalho. É apenas o começo de um grande caminho a ser seguido como pesquisadora.

“A gente não faz amigos, reconhece-os.”
Vinicius de Moraes

“O prazer no trabalho aperfeiçoa a obra.”
Aristóteles

“Não julgue os dias pelas colheitas, mas pelas sementes que plantou.”
Robert Louis Stevenson

RESUMO

O estudo objetivou avaliar as emissões de dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) provenientes do solo em sistema silvipastoril de produção de caprinos de corte na região do sertão pernambucano. As avaliações foram divididas em duas ações: monitoramento das emissões e determinação dos fatores de emissão de dejetos. Na primeira ação, foram monitorados os fluxos de gases de efeito estufa (GEEs) do solo em três áreas que compõem o sistema silvipastoril estudado (capim buffel, Caatinga nativa e Caatinga pastejada). Foram realizadas 52 coletas durante os meses de fevereiro de 2015 a fevereiro de 2016. Na segunda ação, avaliou-se, por meio de dois experimentos, o efeito da deposição dos dejetos dos caprinos sobre as emissões de GEEs do solo. O primeiro experimento foi realizado de março a abril de 2015 e foram comparadas as emissões em função da deposição de diferentes doses de urina e de fezes sobre o solo (0%, 50%, 100% e 150% das quantidades produzidas por cada evento de micção e de defecação de um caprino). O segundo experimento foi realizado em outubro de 2015, comparando as emissões de GEEs a partir da deposição de urina e de fezes de caprinos sobre o solo (dose 100%). No monitoramento das emissões das áreas que compõem o sistema silvipastoril avaliado, as áreas pastejadas apresentaram, ao longo de um ano de avaliação, emissões acumuladas de N_2O inferiores às da área de Caatinga nativa. A Caatinga nativa apresentou, ao longo de um ano de avaliação, maiores emissões acumuladas de CH_4 e menores emissões acumuladas de CO_2 que as áreas pastejadas por caprinos. O experimento 1 de fatores de emissão de dejetos, não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados. No experimento 2 houve diferença significativa apenas para N_2O , com o tratamento controle apresentando emissões positivas e maiores que as emissões do tratamento urina. A deposição de fezes e de urina de caprinos sobre o solo não afetaram as emissões de N_2O e de CH_4 , porque as condições de umidade do solo limitam a decomposição dos dejetos e a produção desses gases. Portanto, as emissões foram mais influenciadas por condições climáticas da área experimental do que pelos animais ou pelos dejetos.

Palavras-chaves: Caatinga, Capim Buffel, Dióxido de carbono, Metano, Óxido nitroso, Mudanças climáticas

ABSTRACT

The aim of this study was evaluate carbon dioxide (CO₂), nitrous oxide (N₂O) and methane (CH₄) emissions from soil in a silvipastoril system of production of goats in the region of Pernambuco Sertão. Evaluations were divided into two shares: monitoring emissions and determining animals waste emission factors. In the first one, the fluxes of soil greenhouse gases (GHGs) were monitored in three areas which comprise the silvipastoril system studied (buffel grass, native Caatinga and grazed Caatinga). There were carried out 52 collections between 2015 February to 2016 February. In the second action, in two experiments we evaluated the effect of goats waste disposal on soil GHGs emissions. The first experiment was carried out from March 2015 to April 2015 and the emissions were compared according to the deposition of different doses of urine and feces on the soil surface (0%, 50%, 100% and 150% of the quantities produced by each urination and defecation event of a goat). The second experiment was carried out in October 2015 comparing soil GHGs emissions from goats urine and feces deposition on the ground (rate 100%). In the monitoring study, during one evaluation year, grazed areas had lower N₂O accumulated emissions than native Caatinga. During one evaluation year, native Caatinga had higher CH₄ accumulated emissions and lower CO₂ accumulated emissions than goats grazed areas. In the first experiment of emission factor, there was no significative difference between treatments. In the second experiment, there was difference just for N₂O, for which control had positive and higher emissions than urine treatment. Deposition of goats urine and feces under soil surface did not affect N₂O and CH₄ emissions because soil water content limited the decomposition of the waste and the production of these gases. Thus, emissions were more affected by climatic conditions of the experimental area than by the animals or by the urine and feces.

Key Words: Caatinga, Buffel grass, Carbon dioxide, Climate change, Methane, Nitrous oxide

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização granulométrica do solo das áreas de estudo localizadas no Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina.....	32
Tabela 2: Caracterização química do solo das áreas de estudo localizadas no Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina.....	32
Tabela 3- Emissões acumuladas de N ₂ O, CH ₄ e CO ₂ ao final do período de avaliação na área de monitoramento	42
Tabela 4 -Emissões acumuladas de N ₂ O (mg m ⁻²) na área de monitoramento para dias em que houve diferença entre áreas	42
Tabela 5- Emissões acumuladas de CH ₄ (mg m ⁻²) na área de monitoramento.....	43
Tabela 6- Emissões acumuladas de CO ₂ (g m ⁻²) na área de monitoramento	45
Tabela 7- Teor de Nitrogênio total (%) da matéria seca, (%) de matéria seca nos dejetos (fezes e urina) de caprinos.....	52
Tabela 8- Quantidade de (urina e fezes) e Nitrogênio aplicado na forma de dejetos por câmaras, por metro quadrado e por hectares nos experimento para efeitos da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa pelo solo	52
Tabela 9 Fluxos de N ₂ O; CH ₄ e CO ₂ ao longo do experimento em função da deposição de urina e fezes de caprinos sobre o solo nos dias 29 de setembro a 03 de outubro	53
Tabela 10- Quantidade de (urina e fezes) e Nitrogênio aplicado na forma de dejetos por câmaras, por metro quadrado e por hectares nos experimento para efeitos da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa pelo solo	53
Tabela 11- Teores de Nitrato e Amônio (mg kg ⁻¹)em extrato de solo ao longo do experimento em função da deposição de urina e fezes de caprinos sobre o solo entre os dias 29 de setembro a 03 de outubro.....	54

Tabela 12 -Teor de Nitrogênio total (%) da matéria seca, (%) de matéria seca nos dejetos (fezes e urina) de caprinos	55
---	----

Tabela 13 Emissões acumuladas de N ₂ O (mg N m ⁻²); CH ₄ (mg C m ⁻²) e CO ₂ (g C m ⁻²) ao longo do experimento em função da deposição de urina e fezes de caprinos sobre o solo	56
---	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1**-Precipitação mensal (mm) e temperaturas do ar máxima, média e mínima (°C) por mês no Campo Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, entre fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016 ----- 32
- Figura 2**- Câmaras estáticas utilizadas para coleta de gases de efeito estufa emitidos pelo solo em área de Caatinga Nativa, em Petrolina ----- 34
- Figura 3**-Fluxos de N₂O, CH₄ e CO₂ nas áreas de capim buffel, Caatinga nativa e Caatinga pastejada que compõem o sistema CBL ----- 41
- Figura 4**- Emissões acumuladas de N₂O, CH₄ e CO₂ nas áreas de capim buffel, Caatinga nativa e Caatinga pastejada que compõem o sistema CBL. Barras de erro indicam o erro-padrão da média (n=4)----- 47
- Figura 5**- Fluxos de N₂O (a), CH₄ (b) e CO₂ (c) em função da adição de diferentes quantidades de urina e fezes de caprinos e de água em área de capim Buffel em Petrolina-PE. As doses 0,5; 1 e 1,5 correspondem, respectivamente, à quantidade de dejetos produzida por evento de micção ou de defecação ----- 49
- Figura 6**.- Emissões totais de N₂O (a, d, g), CH₄ (b, e, h) e CO₂ (c, f, i) ao longo do período experimental entre os meses de março e abril de 2015 em função da adição de diferentes quantidades de água e de urina e fezes de caprinos em área de capim Buffel em Petrolina-PE. As doses 0,5; 1 e 1,5 correspondem, respectivamente, à quantidade de dejetos produzida por evento de micção ou de defecação. Barras verticais indicam o erro-padrão da média (n=4) ----- 50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	Desenvolvimento.....	25
2.1	Revisão de literatura	25
2.1.1	Gases de efeito estufa.....	25
2.1.2	Produção dos gases de efeito estufa a partir do solo	25
2.1.3	Emissões de Gases de Efeito Estufa pela Agropecuária.....	26
2.1.4	Os sistemas silvipastoris e o efeito estufa	28
2.1.5	Sistemas silvipastoris: produção de caprinos no Semiárido	28
2.2	Metodologia.....	30
2.2.1	Caracterização da área	30
2.2.2	Avaliações	33
2.2.3	Monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema CBL.....	33
2.2.4	Efeitos da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa oriundas do solo	35
2.2.5	Análises estatísticas	38
2.2.6	Monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema Silvipastoril	38
2.2.7	Efeitos da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa pelo solo	38
2.3	Resultados e discussão	39
2.3.1	Monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema Silvipastoril	39
2.3.2	Experimento 1-Efeitos da deposição de diferentes doses de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa pelo solo	48
2.3.3	Experimento 2- efeito da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de GEEs do solo.....	51
3	Conclusões	57
	REFERÊNCIAS.....	59
	ANEXOS	67

1 INTRODUÇÃO

A vida na Terra depende de uma faixa de temperatura que é garantida pelo efeito estufa natural. Entretanto, mudanças na concentração dos gases de efeito estufa (GEEs), principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), têm ocorrido por influência antrópica desde a Revolução Industrial e têm sido relacionadas ao aumento anormal da temperatura global (SMITH et al., 2003). Segundo Jantalia et al. (2006), é importante destacar que esse incremento da temperatura não é distribuído de forma homogênea sobre a Terra, sendo algumas regiões mais afetadas que outras pelo fenômeno e, caso as emissões não sejam controladas e reduzidas, efeitos como maior incidência de seca, derretimento das geleiras, aumento do nível do mar e até intensificação de surtos epidemiológicos poderão sair do controle.

Atualmente, muito se discute sobre os impactos ambientais da agropecuária, que, além das emissões de CH_4 entérico, incluem as emissões oriundas do solo, manejo de pastagens, pastejo direto e a deposição de excrementos (urina e fezes) sobre o solo estão relacionadas às alterações na umidade, aeração e disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente de N e, portanto, são capazes de estimular significativamente a produção e a emissão de N_2O (GERBER et al., 2011).

Estima-se que, em termos globais, a agropecuária contribua com aproximadamente 20% das emissões antrópicas de GEEs, podendo, entretanto, atuar como fonte ou dreno destes gases (IPCC, 2014). Em 2010 a Agropecuária contribuiu com 70% das emissões brasileiras de CH_4 (sendo que 90% dessas emissões ocorrem devido à fermentação entérica de ruminantes) e com 87% das emissões nacionais de N_2O (BRASIL, 2013).

Três fatos contribuem para tornar muito relevantes as emissões antrópicas de GEEs na agropecuária brasileira: (i) o fato de o Brasil ter realizado abertura de novas áreas agrícolas por meio de desmatamento e queimadas; (ii) o fato de o Brasil possuir matriz energética essencialmente fundamentada em geração hidrelétrica, diminuindo a participação do setor industrial e transportes frente à agropecuária e (iii) o tamanho de rebanho brasileiro, com liderança na produção e exportação de vários produtos de origem agropecuária (IBGE, 2010).

Até o momento, a maior parte das emissões brasileiras de GEEs é estimada com uso de fatores de emissão propostos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e esses fatores de emissão foram gerados com base em dados de trabalhos conduzidos ao redor do mundo, nem sempre representando adequadamente as emissões nas condições de solo e clima das regiões do Brasil.

Na tentativa de contribuir para a mitigação do fenômeno de mudanças climáticas em decorrência do aquecimento global, o Brasil assumiu, em 2009, na 15^a conferência das partes (COP-15), o compromisso de reduzir suas emissões de GEEs de 36,1% a 38,9 % em relação ao que emitiria em 2020 caso nada fosse feito (BRASIL, 2013). A parte correspondente ao setor agropecuário foi a de eliminar do total da sua projeção de emissões algo entre 133 a 166 milhões de toneladas de CO₂-equivalente. Assim, o Brasil lançou o programa “Agricultura de Baixa Emissão de Carbono” (Programa ABC) como um dos eixos para atender os compromissos de redução de emissões, o qual prevê a recuperação de 50 milhões de hectares de áreas degradadas no meio rural até 2020. O programa ABC objetiva compatibilizar a produção de alimentos e de bioenergia com redução das emissões dos GEEs, tendo como foco a integração de sistemas agrosilvipastoris, plantio de florestas comerciais, recuperação de pastagens degradadas, plantio direto na palha, fixação biológica de nitrogênio e tratamentos de resíduos animais.

Assim, considerando a importância dos sistemas silvipastoris para a mitigação das emissões de GEEs, esse trabalho teve como objetivo quantificar as emissões de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e dióxido de carbono (CO₂) provenientes do solo em um sistema silvipastoril de produção de caprinos de corte no Sertão Pernambucano, bem como avaliar o efeito da deposição de dejetos de caprinos sobre as emissões de GEEs do solo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão de literatura

2.1.1 Gases de efeito estufa

Vapor de água (H_2O) e CO_2 são os mais importantes GEEs, mas, outros gases como CH_4 , N_2O , ozônio (O_3), halocarbonetos e aerossóis também podem ajudar a aumentar a temperatura da atmosfera. Embora o vapor d'água seja o principal GEE na atmosfera, ele é pouco afetado por atividades humanas, enquanto CO_2 , CH_4 e N_2O são muito influenciados (LE TREUT et al., 2007).

Cada GEE absorve a radiação infravermelha e a reemite como o calor de uma maneira diferente, o que é chamado potencial de aquecimento global (PAG). De acordo com Snyder et al. (2009), o PAG é característico para cada gás e é determinado em função do tempo de vida do gás na atmosfera e avaliado em relação ao CO_2 , que é o GEE mais abundante na atmosfera. Assim, o CH_4 tem um tempo de vida na atmosfera de 12 anos e um PAG de 25, enquanto o N_2O tem um tempo de vida de 114 anos e um PAG de 298 (FORSTER et al., 2007).

A concentração atmosférica de CO_2 era cerca de 280 ppm (partes por milhão) até 1750 (Revolução Industrial), aumentou para 380 ppm em 2005 (DENMAN et al., 2007). Em 2014, as concentrações atmosféricas de CO_2 atingiram cerca de 400 ppm, excedendo em 40% os níveis pré-industriais (SEEG, 2015).

Já as concentrações atmosféricas de CH_4 , que variavam entre 400 ppb (partes por bilhão) durante períodos glaciais e 700 ppb durante períodos interglaciais, são atualmente da ordem de 1.833 ppb (SEEG, 2015).

Com relação ao N_2O , estima-se que a concentração atmosférica tenha passado de 270 ppb no período pré-industrial para 319 ppb em 2005 (IPCC, 2007). Em 2015, as concentrações atmosféricas de N_2O eram de 327,2 ppb, o que representa um aumento de 20% em relação aos níveis pré-industriais (SEEG, 2015).

2.1.2 Produção dos gases de efeito estufa a partir do solo

O solo é um ambiente propício para a formação e emissões dos principais gases com potencial efeito estufa, principalmente o CO_2 , N_2O e CH_4 para atmosfera (GREGORICH, et al., 2006).

A produção de CO_2 no solo tem origem na respiração de raízes, microrganismos, biomassa e da oxidação química de compostos de carbono ou decomposição da matéria orgânica do solo (HYVÖNEN et al., 2007). A produção e emissão de CO_2 do solo para a atmosfera estão relacionadas com a temperatura, umidade do solo e dependem da profundidade do solo (PUMPANEN et al., 2003).

O N_2O é formado no solo através dos processos de nitrificação e desnitrificação. A nitrificação ocorre através da transformação de amônio para nitrato (aeróbico) e durante a desnitrificação ocorre a formação de gás N_2 proveniente da redução do nitrato (anaeróbico) (WRAGE et al., 2001), processo que pode ter NO e N_2O como intermediários.

A interação dos fatores que influenciam nitrificação e desnitrificação é complexa porque a quantidade de N_2O produzido depende das concentrações de oxigênio (O_2) no solo, a temperatura determina a velocidade com que os microrganismos realizam a nitrificação e a desnitrificação, e as quantidades de N disponível no solo são menores em temperaturas mais baixas e aumentam de acordo com temperaturas mais quentes (GEESING, 2000).

O CH_4 pode ser consumido e produzido por bactérias metanotróficas, presentes no solo (ZANONI et al., 2015), as quais, em níveis baixos de oxigenação, reduzem compostos orgânicos, utilizando o C como aceptor de elétrons. Além disso, os fluxos de CH_4 entre o solo e a atmosfera também são influenciados pela disponibilidade de N no sistema (GLASTEL e STAHR, 2001). Embora a relação entre o N-fertilizante e a redução no consumo de CH_4 ainda não tenha sido totalmente explicada, pode ser causada por inibição induzida do N na atividade dos microrganismos que oxidam o CH_4 (MOSIER et al., 1999), assim como pelo aumento da atividade microbiana, que consome o O_2 e ocasiona a formação temporária de pequenos sítios com baixa difusão de gases (DA SILVA, 2014), onde a atividade de microrganismos metanotróficos é favorecida.

Dependendo na umidade e nível de N no ecossistema, os solos podem ser um sumidouro líquido ou fonte de CH_4 , (CHAN e PARKIN, 2001; GREGORICH et al., 2004; LIEBIG et al., 2005).

2.1.3 Emissões de Gases de Efeito Estufa pela Agropecuária

O crescimento populacional e aumento da demanda por alimento de qualidade tornam-se o grande desafio da agropecuária brasileira neste século, de

maneira que produzir alimentos de forma sustentável em todos os aspectos, principalmente relacionados ao uso dos recursos naturais, deve ser uma preocupação constante de toda a sociedade (OLIVEIRA, 2009).

A agropecuária especificamente é responsável por cerca de 10-12% das emissões globais, sendo fonte de emissão de principalmente três GEEs: CO₂, N₂O e CH₄(IPCC, 2014). Ainda segundo IPCC (2014), as emissões procedentes da agricultura, da silvicultura e da pesca duplicaram nos últimos cinquenta anos e poderão aumentar em mais 30% em 2050, caso não haja um esforço para reduzi-las, fato que leva a agropecuária mundial a enfrentar o desafio de produzir para alimentar uma crescente população ao mesmo tempo em que tem a obrigação de reduzir suas emissões de GEEs.

A agricultura e a pecuária são atividades econômicas de grande importância no Brasil e, devido à sua grande extensão de terras agricultáveis e disponíveis para pastagem, o país ocupa um lugar de destaque no mundo quanto à produção nesse setor (ALBUQUERQUE e ANDRADE, 2002). No entanto, o Brasil já está entre os dez maiores emissor de GEEs do mundo e é o segundo maior emissor pela produção agropecuária, com 418 Gt de equivalentes de CO₂ emitidos por esse setor em 2013, o que representa quase um terço das emissões nacionais, (SEEG,2015). Em 2014, a agropecuária brasileira emitiu aproximadamente 12,5t CH₄,514,5 tN₂O e 170,6 Gt CO₂, enquanto as emissões do estado de Pernambuco nesse setor correspondem a cerca de 140,6tCH₄, 7,05 tN₂O e 2.213 GtCO₂e(SEEG, 2016).

Os dejetos depositados nos solos por animais durante a pastagem são a fonte mais importante das emissões de N₂O por solos agrícolas no Brasil, devido ao grande rebanho e ao fato de a criação extensiva de gado ser a prática predominante no país. No Brasil, entre 1990 e 2005, o total de nitrogênio excretado diretamente nas pastagens sofreu um aumento considerável (31,0%).As emissões de N₂O devido aos animais em pastagem representaram 47,5% das emissões de N₂O de solos agrícolas, em 2005, sendo o gado bovino o maior contribuinte para essa emissão (MCTI, 2013).

De acordo com Bernadt (2010), entre outras atividades como uso de fertilizantes nitrogenados, a pecuária são setores que mais contribui com a emissão de CH₄ principalmente devido à produção de animais em pastejo.

2.1.4 Os sistemas silvipastoris e o efeito estufa

Os sistemas de produção agrossilvipastoris, ou sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, têm menor emissão de GEEs que os sistemas convencionais, em função da disponibilidade de forragem de melhor qualidade, da maior qualidade e diversidade de espécies, que por sua vez aumentam a deposição de resíduos e promovem o acúmulo de C no sistema (ALMEIDA e MEDEIROS, 2013). O componente arbóreo em sistemas silvipastoris contribui para melhorar o microclima, o bem-estar e a produtividade animal, a conservação do solo e da água, a regularização do ciclo hidrológico, a biodiversidade, o sequestro de carbono, a beleza cênica da paisagem rural e para diminuir o desmatamento, melhorando a eficiência de uso da terra e a produção de carne e seus derivados (ALMEIDA, 2010).

Coutinho et al. (2013) apontam que o grande desafio da pecuária na região Nordeste é aliar a exploração sustentável das áreas nativas ao fornecimento de alimento em quantidade adequada aos animais e, nesse sentido, os sistemas silvipastoris representam alternativas de grande potencial para convivência com as variações climáticas previstas para a região.

No entanto a queda das folhas das espécies herbáceas e das folhas e ramos das espécies arbustivas e arbórea, no período das chuvas, que serve de alimentação para os ruminantes e retorno de nutrientes para o solo, favorece a produção de CO₂ e CH₄ através da decomposição de matéria orgânica. No período seco, a queda das folhas de árvores também favorece a alimentação dos animais e serve de proteção para o solo (MOURÃO et al., 2013).

2.1.5 Sistemas silvipastoris: produção de caprinos no Semiárido

O Semiárido brasileiro é composto por 1.135 municípios de nove estados, onde vivem, de acordo com o Censo Demográfico realizado em 2010 pelo IBGE, cerca de 12% da população brasileira. As propriedades rurais familiares da região semiárida combinam criação animal e produção alimentar, focando as atividades na produção animal (CARVALHO et al., 2007), sendo que o principal sistema de produção animal é a ovinocaprinocultura. No Semiárido, a pecuária sempre foi a principal atividade que contribuiu com a produção de alimentos para as famílias e para a geração de empregos e manutenção de pessoas na zona rural, além de impulsionar cadeias produtivas que têm grande participação na economia de toda a região (HOLANDA JÚNIOR et al., 2006). Segundo o IBGE (2015), o Brasil

apresentou um efetivo de caprinos em 2014 de 8.851.879 cabeças, sendo (91,6%) cabeças na Região Nordeste enquanto o rebanho ovino registrou em 2014 o número de 17.614.454 cabeças no país, das quais 57,5% está no Nordeste.

O bioma Caatinga ocupa cerca de 63% da área da região Nordeste do Brasil, sendo 30,5 milhões de hectares ocupados com pastagens, dos quais 16 milhões de hectares com pastagens naturais e 14,5 milhões com pastagens cultivadas, consideradas como “matas/florestas naturais” ou “áreas ocupadas com essências florestais também usadas para pastejo” e não como pastagens (IBGE, 2010). De acordo com Araujo filho (2002), a vegetação da Caatinga é predominantemente formada por espécies arbustivas e arbóreas de pequeno porte, embora na estação chuvosa, a maior parte da forragem seja ofertada pelo estrato herbáceo. À medida que a estação seca se pronuncia, ocorre crescente perda da biomassa e, desta forma, a folhagem das espécies lenhosas decíduas passa a constituir praticamente a única fonte de forragem para os animais, estando esta na forma de serapilheira (ARAUJO et al 2001).

Em levantamento realizado em área de Caatinga, Araujo et al. (2006) mostram que as famílias botânicas mais frequentes são *Caesalpiniaceae*, *Mimosaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae* e *Cactaceae*, sendo os gêneros *Senna*, *Mimosa* e *Pithecellobium* os que apresentam maior número de espécies.

No entanto, a maior parte do Sertão caracteriza-se pela predominância de um estrato arbustivo-arbóreo, composto por plantas de questionável potencial forrageiro, com baixa capacidade de suporte resultando em um baixo rendimento animal (SILVA et al., 2006). Essa vegetação nativa representa o componente florestal de vários sistemas silvipastoris na região Nordeste (DA SILVA et al., 2014).

Araujo Filho (2015) mostra que a capacidade de suporte para ambientes pastoris de Caatinga, baseada na identificação de plantas forrageiras e de sua oferta de forragem ao longo do ano, pode variar de 1,0 a 1,5 UA/ha/na. Segundo o mesmo autor o sistema silvipastoril tem permitido triplicar a capacidade de suporte de pastagens nativas, com o manejo adequado da Caatinga, espécies herbáceas de alto potencial forrageiro ficam disponíveis para os animais em pastejo. De acordo com Andrade et al. (2006), é possível explorar a pecuária de pequenos ruminantes, aproveitando as potencialidades do Semiárido de forma sustentável e

economicamente viável, procurando respeitar suas particularidades. O sistema silvipastoril tradicionalmente utilizado consiste no uso da Caatinga como suporte forrageiro durante todo o ano e, na época da seca, devido à escassez da massa de forragem, suplementações são fornecidas de acordo com os recursos disponíveis, podendo-se utilizar palma forrageira, resíduos de culturas, capim-elefante, capim-buffel e capim corrente (SILVA et al., 2006).

Além disso, é possível desenvolver o sistema silvipastoril proposto por Embrapa, o sistema CBL Caatinga, Buffel e Leguminosas. Neste modelo, os animais são submetidos a pastejo na Caatinga durante período da chuva e durante o período de estiagem os animais pastejam no capim Buffel. Leguminosas ou outras forrageiras adaptadas ao Semiárido são utilizadas na forma conservada ou em pastejo direto com o intuito de suplementar o rebanho com fontes de volumosos protéicos e/ou energéticos.

O sistema CBL permite também a manipulação da Caatinga. Enquanto a vegetação nativa não-manipulada pode suportar cerca de 0,5 caprinos ou ovino/ha/ano, com a prática do rebaixamento esse valor passa a ser de 1,0 a 1,5 caprinos ou ovinos/ha/ano. Além das estratégias de manipulação, os animais mantidos na Caatinga também poderão ser suplementados com raspas, feno ou silagem de mandioca, palma ou melancia forrageira, durante o período seco (VOLTOLINI et al., 2011).

2.2 Metodologia

2.2.1 Caracterização da área

As avaliações foram realizadas no Campo Experimental da Caatinga, na sede da Embrapa Semiárido, localizada a 42 km da sede do município de Petrolina-PE, com coordenadas 09°04'S e 40°19'W e altitude 389 m. Foram utilizadas nesse estudo áreas que compõem o sistema silvipastoril de produção de caprinos de corte implantado do Campo Experimental da Embrapa Semiárido, conhecido como sistema CBL. Nesse sistema, os animais permanecem sob pastejo em área de Caatinga durante os meses chuvosos e, durante os meses de seca, ficam alocados em piquetes de capim Buffel (*Cenchrus ciliaris*), recebendo suplementação de misturas com leguminosas. Além disso, uma área de Caatinga nativa não pastejada também foi avaliada para fins de comparação.

O clima da região é semiárido do tipo BSw^h, segundo a classificação de Köppen, com chuvas entre novembro e março e com temperatura média anual de 28°C.

Na Figura 1, observa-se o acumulado de chuvas durante os meses de avaliação e as temperaturas mínimas, médias e máximas durante o ano na área onde os estudos foram realizados (dados da estação meteorológica da Caatinga, Embrapa Semiárido). Os meses com maiores quantidades de chuva acumulada foram abril de 2015, com 101,10 mm, e janeiro de 2016, com 237 mm. Durante o ano, a chuva acumulada na área foi de 511,50 mm.

As temperaturas do ar variaram de 19,41°C a 36,10°C, com média de 29,86°C. A temperatura mínima no período de avaliação ocorreu no mês de agosto e a máxima em novembro de 2015. A umidade relativa média anual foi de 59,42% e velocidade do vento de 1,24 m/s.

A vegetação nativa da área de estudo é Caatinga Hiperxerófila. O solo das áreas de estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, profundidade média de 1,20 m (Tabelas 1 e 2).

Figura 1 Precipitação mensal (mm) e temperaturas do ar máxima, média e mínima (°C) por mês no Campo Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, entre fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016

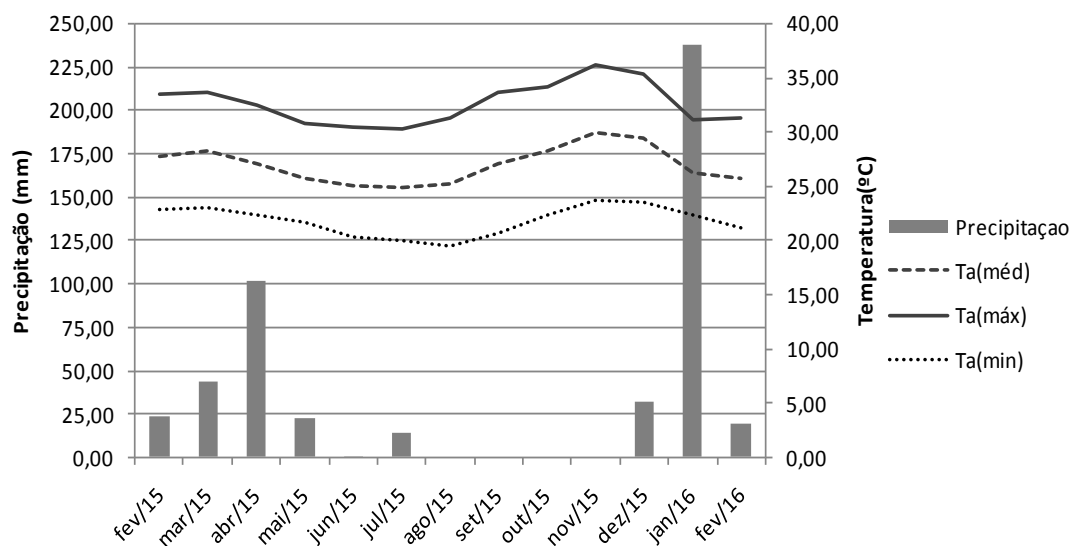


Tabela 1: Caracterização granulométrica do solo das áreas de estudo localizadas no Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina

Área	Areia	Silte g kg ⁻¹	Argila
Caatinga pastejada	649,5	205,9	144,6
Caatinga nativa	679,1	242,8	78,2

Tabela 2: Caracterização química do solo das áreas de estudo localizadas no Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina

Área	C.E	pH	M.O	P	K	Na	Ca	Mg	AL	H+AL	SB	CTC	V
	mS cm ⁻¹		g kg ⁻¹	mgdm ⁻³									%
Caatinga pastejada	1,08	5	5,7	14,1	0,2	0,1	3	1	0,1	2,2	4	6,3	65
Caatinga nativa	0,2	6	14,3	3,72	0,2	0	1	1	0	2,6	2	4,3	41

CE: Condutividade elétrica; MO: matéria orgânica; H+AL: acidez potencial; SB: soma de bases; V: saturação por bases

A área total do sistema de produção CBL no Campo Experimental da Caatinga é composta por 35 ha de capim Buffel e 120 ha de Caatinga pastejada, a qual é dividida em quatro piquetes para uso rotacionado. A área de capim Buffel é dividida em seis piquetes, dos quais quatro são para pastejo direto (aproximadamente 8 ha cada) e dois são piquetes de reserva, com

aproximadamente 1,5 ha cada. O leque de forrageiras e reservas alimentares fornecidas aos animais como suplementação no período seco são: 1 ha de palma forrageira (*Opuntiaficus*); 1 ha de maniçoba (*Manihot* sp.), 0,5 ha de leucena (*Leucaenaleucocephala*) e consórcio de 0,25 ha de gliricídia (*Gliricidiasepium*) com 0,25 ha de leucena.

2.2.2 Avaliações

As avaliações dos fluxos de GEEs apresentadas nesse estudo foram divididas em duas ações. Na primeira, denominada de monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema CBL, foram avaliados os fluxos de GEEs do solo em três áreas que compõem o sistema silvipastoril CBL. Na segunda ação, avaliou-se o efeito da deposição dos dejetos dos caprinos do sistema CBL sobre as emissões de GEEs do solo.

Foram realizadas 52 coletas durante os meses de fevereiro de 2015 a fevereiro de 2016, sendo 18 coletas no buffel pastejado, 15 coletas na Caatinga nativa e 19 coletas na Caatinga pastejada (ANEXO A)

2.2.3 Monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema CBL

As emissões de GEEs foram monitoradas em três áreas que compõem o sistema silvipastoril CBL, durante os meses de fevereiro de ano de 2015 a fevereiro de 2016 sendo: (i) Caatinga nativa não pastejada (aproximadamente 200 ha); (ii) Caatinga pastejada (aproximadamente 120 ha e taxa de lotação de 1,5 ua/ha/ano); (iii) Capim Buffel pastejado (com 8 ha e taxa de lotação de 5 ua/ha/ano).

As coletas foram realizadas nas datas apresentadas no ANEXO A. Por questões logísticas, nem sempre os dias de coleta coincidem em todas as áreas, mas procurou-se fazer coletas nas três áreas em dias próximos durante todo o período de avaliação.

As coletas dos gases emitidos pelo solo foram feitas utilizando-se câmaras estáticas (Figura 2). As câmaras eram constituídas por duas partes: uma base de aço galvanizado de formato retangular (dimensões: 60 cm de comprimento por 40 cm de largura) e uma tampa de aço galvanizado, também em formato retangular revestida com manta térmica aluminizada e encaixada sobre a base apenas no

momento das coletas. Cada câmara possuía em sua extremidade superior um orifício para coleta das amostras de gases e outro para acoplamento de termômetro digital.

Figura 2: Câmaras estáticas utilizadas para coleta de gases de efeito estufa emitidos pelo solo em área de Caatinga Nativa, em Petrolina



As bases foram instaladas no solo uma semana antes da primeira coleta dos gases e permaneceram no campo durante todo o período de avaliação. A instalação consistiu em enterrar parcialmente a base ao solo (5 cm de profundidade) de maneira que apenas a borda superior onde a tampa se encaixa permanecesse sobre a superfície. Em cada área avaliada foram instaladas quatro bases, as quais foram mantidas no mesmo local até o final do período de avaliação contemplado nesse estudo.

No momento da coleta das amostras de GEEs emitidos pelo solo, a tampa foi encaixada sobre a base e apoiada sobre uma caneleta localizada na borda externa da base. Após o fechamento de cada câmara, foram coletadas amostras dos gases emitidos pelo solo em três intervalos de tempo: no momento do fechamento da câmara (tempo zero), aos 10 minutos, aos 20 minutos e aos 40 minutos após o fechamento da câmara. As amostras foram coletadas em seringas de polipropileno com volume de 25ml e transferidas para frascos de vidro (vials) fechados com septo de borracha, lacrados de forma manual e previamente evacuados (-80 KPa).

As coletas dos gases foram realizadas sempre pela manhã, às 09:00 horas, de seguindo a metodologia de Alves et al.(2012).

Durante todas as coletas foram medidas as temperaturas do solo, do ambiente e a temperatura interna das câmaras, utilizando termômetros digitais. Além disso, durante todo o período de avaliação foram coletados os dados de umidade relativa do ar, temperatura média diária e precipitação diária de uma estação meteorológica instalada na área de Caatinga nativa.

Após a coleta dos gases, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Cromatografia da Embrapa Semiárido. As análises foram feitas em cromatógrafo gasoso Agilent, modelo 7890A, com forno de injeção a 60°C, detector do tipo FID (120°C), para determinações das concentrações de CO₂, CH₄, e detector μ ECD (300°C) para determinação das concentrações de N₂O nas amostras.

A partir das concentrações de CO₂, CH₄ e N₂O nas amostras, foram calculados, para cada dia de avaliação, os fluxos desses três gases. Os fluxos foram calculados pela seguinte equação: $F(\mu\text{g N-N}_2\text{O/C-CO}_2\text{/C-CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}) = (\Delta C/\Delta t).(m/V_m).V/A$. Onde, $\Delta C/\Delta t$ é a taxa de variação do gás dentro da câmara em determinado tempo (ppm/hora); m é a massa molecular de cada gás (g); V_m é o volume molecular do gás (1 mol ocupa 22,4 L nas condições normais de temperatura e pressão); V é o volume da câmara (L); A é a área da câmara (m²). O volume molecular dos gases foi corrigido em função da temperatura no interior da câmara durante a amostragem, multiplicando 22,4 por $(273 + T / 273)$, sendo T a temperatura média no interior da câmara (°C).

Os fluxos dos GEEs foram tabulados em planilhas eletrônicas e estimou-se a quantidade total de gases emitida em cada câmara durante o período de avaliação por meio da integração matemática dos fluxos diários.

2.2.4 Efeitos da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa oriundas do solo

Os efeitos da deposição dos dejetos dos caprinos sobre as emissões de GEEs do solo foram avaliados em dois experimentos conduzidos em piquete não pastejado de capim buffel. Os experimentos foram feitos em piquete não pastejado

para evitar que algum animal urinasse ou defecasse dentro de uma das câmaras, alterando os tratamentos avaliados.

O primeiro experimento foi realizado entre os dias 6 de fevereiro e 14 de abril (período chuvoso). Nesse período, foram realizadas 15 coletas dos gases emitidos pelo solo, sendo que, na primeira semana após a adição dos dejetos ao solo, foram realizadas coletas diárias e, a partir de então, foram realizadas coletas a cada três dias.

O experimento montado em delineamento fatorial, com três tratamentos, sendo os tratamentos representados por diferentes doses de fezes, urina e água. A água foi incluída como um dos tratamentos a fim de ajudar a elucidar quanto das emissões promovidas pela urina são devidas ao nitrogênio presente nesse dejetos e quanto se deve apenas ao aumento da umidade do solo.

As doses de urina e de fezes utilizadas no experimento correspondem a 0%, 50%, 100% e 150% das quantidades produzidas por cada evento de micção e de defecação de um caprino e, a partir de agora serão denominadas como doses 0; 0,5; 1,0 e 1,5, respectivamente. De acordo com Barreto et al. (2011), caprinos das raças Moxotó e Canindé produzem em média 52,9 g de fezes por defecação e 64,1 ml de urina por micção. Esses valores foram tomados como referência para cálculo das quantidades de urina e de fezes utilizadas no experimento. Assim, nos tratamentos 0,5; 1,0 e 1,5 com urina e com água, os volumes utilizados foram, respectivamente, 64,1ml, 32,05 ml e 128,2ml. Nos tratamentos com adição de fezes, as doses usadas foram, respectivamente, 26,45g, 52,9g, e 105,8g. O experimento foi conduzido em delineamento fatorial com três tratamentos, três repetições e controle totalizando 40 parcelas experimentais.

Para coleta dos dejetos usados no experimento, foram utilizados três caprinos machos, não castrados, com 10 meses de idade e peso médio de 16 kg, mantidos em gaiolas metabólicas. As gaiolas metabólicas utilizadas eram providas de cochos para alimentação e de bebedouros. Os animais foram mantidos nas gaiolas entre as 14 horas do dia anterior à coleta até às 8 horas do dia da coleta. As fezes utilizadas no experimento foram coletadas com bolsa de coleta de fezes total e representam a quantidade produzida entre as 14 horas e as 8 horas do dia seguinte. A urina foi coletada imediatamente antes da aplicação ao solo, em um balde plástico mantido abaixo da gaiola metabólica. Antes da coleta dos dejetos usados no experimento, os animais foram submetidos a um período de adaptação de três dias com as bolsas de

coleta de fezes e a uma semana de adaptação à rotina de permanência na gaiola metabólica. As amostras de fezes e urina coletadas foram uniformizadas e pesadas de acordo com as doses determinadas para cada tratamento.

A coleta das amostras de GEEs emitidos pelo solo foi feita com as mesmas câmaras estáticas descritas para o estudo de monitoramento. As câmaras, receberam os tratamentos dentro de um período de cerca de 20 minutos após a coleta da urina e das fezes a fim de preservar as quantidades de N dos dejetos.

Nos tratamentos com água e com urina, os volumes correspondentes a cada tratamento foram aplicados no centro de cada câmara com uso de uma proveta. Nos tratamentos com fezes, as quantidades correspondentes a cada uma das doses avaliadas foram pesadas e distribuídas simulando um evento de defecação por caprinos. Em nenhuma das câmaras houve incorporação ou revolvimento do solo após a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos foram aplicados apenas uma vez, no início do experimento. Após a aplicação dos tratamentos, uma amostra de urina e uma amostra de fezes foram separadas e encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Semiárido para determinação das quantidades de N total, utilizando a metodologia proposta por AOAC Internacional (1996), com determinação do teor de N total por destilação a vapor.

O segundo experimento foi realizado entre os dias de 29 de setembro e 3 de outubro de 2015 (período seco do ano). Neste experimento, avaliou-se apenas uma dose de urina e uma dose de fezes, assim como uma dose de água e um tratamento controle (sem a aplicação de nenhum dejetos). As doses de urina e fezes utilizadas corresponderam, respectivamente, às doses médias produzidas pelos animais em cada evento de micção e de defecação, conforme descrito no item anterior, e equivalem à dose 100% do experimento anterior. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 parcelas experimentais.

As coletas das amostras dos GEEs emitidos pelo solo, a determinação das concentrações de CO₂, CH₄ e N₂O nas amostras e o cálculo dos fluxos foram feitos da mesma maneira como no estudo de monitoramento descrito anteriormente. Após o cálculo dos fluxos dos três gases avaliados, determinou-se a quantidade total de

cada gás emitida por cada parcela experimental ao longo do período de avaliação (emissões totais) por integração matemática dos fluxos diários.

Durante a condução dos dois experimentos, uma área adjacente do piquete (fora das câmaras) recebeu os mesmos tratamentos testados e foi utilizada para a coleta de amostras de solo. Nos dois experimentos, ao longo de todo o período experimental, foram coletadas amostras de solo para determinação dos teores de umidade gravimétrica, nitrato e amônio disponíveis e pH. Após as coletas, as amostras dos solos foram secas ao ar e passadas em peneiras com malha de abertura de 0,5 mm. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido. As análises dos teores de nitrato e amônio foram de acordo com a metodologia Mendonça e Matos (2005)

2.2.5 Análises estatísticas

2.2.6 Monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema Silvipastoril

Os fluxos de cada dia de coleta e as emissões totais acumuladas (obtidas pela integração matemática dos fluxos ao longo do experimento) foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($\alpha=5\%$) para comparação de médias entre as três áreas. Os dados dos fluxos e das emissões acumuladas, assim como as informações de temperatura do ar, da câmara, do solo, temperatura média diária, umidade relativa média diária e precipitação foram submetidas à análise de correlação de Pearson (ANEXO F).

2.2.7 Efeitos da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa pelo solo

Os dois experimentos foram analisados separadamente. Para cada um deles, os fluxos de cada dia de coleta e as emissões totais acumuladas (obtidas pela integração matemática dos fluxos diários ao longo do experimento) foram submetidos à análise de variância.

No experimento 1, não foram observados efeitos de doses de urina, fezes e água sobre as emissões dos GEEs avaliados. Por esse motivo, nenhum tipo de ajuste foi realizado em função das doses de dejetos testadas.

No experimento 2, comparações entre os dias de avaliação e os tipos de dejetos sobre os fluxos de GEEs foram feitas por teste de Tukey ($\alpha=5\%$). As

emissões totais entre os dejetos também foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=5\%$).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS 9.2, (2015).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema Silvipastoril

Na área de capim buffel, os fluxos de N_2O variaram de $-404,27$ a $85,01 \mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$; os fluxos de CH_4 variaram de $-41,10$ a $67,86 \mu\text{g C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ e os de CO_2 tiveram variação de $-19,98$ a $136,03 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (Figura 3). Na área de Caatinga nativa os fluxos de N_2O variaram de $-230,55$ a $48,19 \mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$; os de CH_4 de $-12,09$ a $77,77 \mu\text{g C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ e os fluxos de CO_2 variaram de $2,17$ a $114,52 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, enquanto na área de Caatinga pastejada os fluxos de N_2O , CH_4 e CO_2 variaram, respectivamente, de $-721,11$ a $605,21 \mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$; de $-34,42$ a $49,80 \mu\text{g C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ e de $-1,20$ a $182,07 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

Houve efeitos isolados de área e de dia de coleta sobre os fluxos de CO_2 e efeitos da interação entre área e dia de coleta sobre os fluxos de N_2O (ANEXO C). Nenhum dos fatores avaliados afetou os fluxos de CH_4 .

Os fluxos de N_2O foram diferentes entre as áreas apenas nos dias 26/01/2016 e 08/02/2016 (ANEXO D). Os fluxos de N_2O de todas as áreas aumentaram em janeiro de 2016. Essa época corresponde ao período chuvoso na região, sendo que o mês de janeiro de 2016 apresentou quantidade de chuva acumulada equivalente a 237 mm (Figura 1). No dia 26/01/2016 não houve coleta para a área Caatinga Nativa e a Caatinga pastejada apresentou fluxo de N_2O superior ao do Buffel pastejado (Tabela 2). No dia 08/02/2016, a Caatinga pastejada apresentou o maior fluxo de N_2O (fluxo positivo), enquanto as áreas de Caatinga nativa e buffel pastejado tiveram fluxos negativos e estatisticamente semelhantes entre si (Tabela 2). Esse comportamento pode indicar que as emissões de N_2O na área de caatinga pastejada devem-se a processos de formação diferentes daqueles observados na caatinga nativa e no buffel pastejado. Os fluxos negativos de N_2O mesmo quando eventos de chuva ocorrem podem estar relacionados à anaerobiose e ao processo completo de desnitrificação, que leva à formação de N_2 em detrimento de N_2O .

Os fluxos de N_2O do solo estão associados à disponibilidade de nitrogênio, à umidade do solo, à quantidade de resíduos sobre o solo e à sua relação C/N, assim como a fatores como temperatura e aeração do solo, pH, textura e estrutura do solo. A formação de gases nitrogenados no solo ocorre pelos processos de nitrificação e desnitrificação, os quais são mediados por bactérias presentes no solo.

Para as emissões acumuladas de N_2O e CH_4 houve efeito significativo da interação entre dias de coleta e áreas de avaliação. Para as emissões de CO_2 , houve efeitos isolados de dia de coleta e áreas de avaliação (ANEXO C).

As emissões finais acumuladas de N_2O foram de $-330,67 \text{ mg N m}^{-2}$ para Buffel Pastejado, $-187,47 \text{ mg N m}^{-2}$ para Caatinga Nativa e $-1140,89 \text{ mg N m}^{-2}$ para Caatinga Pastejada (Tabela 3)

Houve diferença significativa entre as áreas para as emissões acumuladas de N_2O apenas nos dias 20/11/2015, 09/12/2015, 26/01/2016 e 08/02/2016, sendo os menores valores observados na Caatinga pastejada (Tabela 4 e Figura 4).

Figura 3 Fluxos de N_2O , CH_4 e CO_2 nas áreas de capim buffel, Caatinga nativa e Caatinga pastejada que compõem o sistema CBL

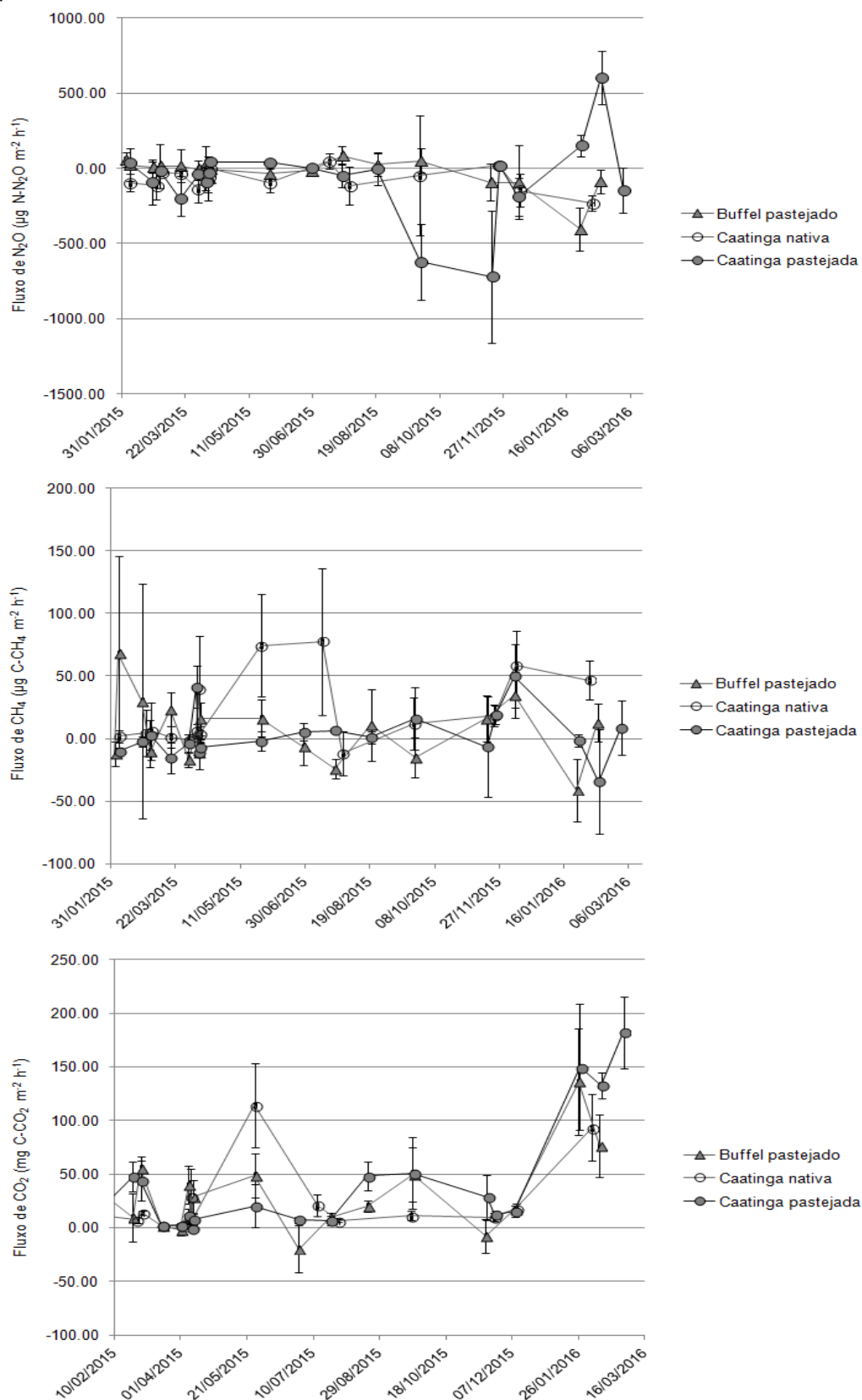


Tabela 2 –Comparação dos fluxos de N₂O ($\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) entre as áreas de monitoramento do sistema CBL

26/01/2016		
Caatinga pastejada	153.8	A
Buffel pastejado	-404.3	B
08/02/2016		
Caatinga nativa	-85.8	B
Caatinga pastejada	605.2	A
Buffel pastejado	-230.5	B

Médias maiúsculas seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Tabela 3-Emissões acumuladas de N₂O, CH₄ e CO₂ ao final do período de avaliação na área de monitoramento

Área	Emissões acumuladas		
	N ₂ O mg N m ⁻²	CH ₄ mg C m ⁻²	CO ₂ g C m ⁻²
Caatinga nativa	-187.47 ±229.49	224.83 ±63.60	271.87 ±59.11
Caatinga pastejada	-1140.89 ±162.44	35.30 ±26.89	383.34 ±62.38
Buffel pastejado	-330.67 ±97.59	38.69 ±14.85	278.90 ±36.16

Os valores representam a média ± erro padrão da média (n=4)

Tabela 4 -Emissões acumuladas de N₂O (mg m⁻²) na área de monitoramento para dias em que houve diferença entre áreas

Área	Emissões de N ₂ O (mg N-N ₂ O m ⁻²)			
	20/11/2015	9/12/2015	26/1/2016	8/2/2016
Caatinga nativa	102,9 A	77,40 A	. .	-180,20 A
Caatinga pastejada	-1.235,60 B	-1.316,30 B	-1.336,70 B	-1.190,90 B
Buffel pastejado	44,20 A	-62,70 A	-261,10 A	-330,70 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

A Caatinga pastejada apresentou as menores emissões acumuladas (Tabela 4 e Figura 4). Esse comportamento está associado à redução dos fluxos de N₂O observado nos meses de setembro e outubro de 2015 nessa área (Figura 3). Apesar dos fluxos de N₂O terem aumentado com a ocorrência das chuvas de janeiro de 2016, esse aumento não foi suficiente para que as emissões totais acumuladas durante o período de avaliação na caatinga pastejada se igualassem às emissões das outras duas áreas (Figura 4).

o que pode estar relacionado com os dias maiores chuvas acumuladas durante o ano .As principais formas e processos de transformações do N no solo estão relacionados com o crescimento microbiano e alguns fatores físicos como

temperatura e pH e disponibilidade de nutrientes, água e O₂. (CORDOVIL., et al 2011)

O processo de ciclagem de N no solo está associado à conversão de N presente em compostos orgânicos, à amonificação formando NH₃ (amônia), que pode ser convertida a NH₄⁺ (amônio) e, sequencialmente, à nitrificação (formação de nitrato(NO₃⁻) e desnitrificação deste até N₂. O processo de nitrificação ocorre quando amônio (NH₄⁺), por ação de bactérias oxidantes, como *Nitrosomonas* sp., transformam NH₄⁺ em nitrito (NO₂) que é depois transformado em NO₃⁻ por bactérias como *Nitrobacter* sp. e *Nitrospira* sp. (NORTON, 2008).

As emissões acumuladas de CH₄ foram de 38,69 mg C m⁻² para buffel pastejado, 35,30 mg C m⁻² para Caatinga pastejada e 224,83 mg C m⁻² para Caatinga nativa (Tabela 3). Houve diferença entre as áreas nos dias 23/09/2015, 20/11/2015, 09/12/2015 e 08/02/2016 (Tabela 5), sendo que em todos esses dias a área de Caatinga nativa apresentou os maiores valores de emissão acumulada. Dia 23/9 a Caatinga nativa foi maior apenas em relação ao buffel pastejado e semelhante à Caatinga pastejada. Nos demais dias, a Caatinga nativa apresentou emissões maiores que o buffel pastejado e que a Caatinga pastejada (Tabela 5).

Tabela 5-Emissões acumuladas de CH₄ (mg m⁻²) na área de monitoramento

Área	Emissões de CH ₄ (mg C-CH ₄ m ⁻²)			
	23/9/2015	20/11/2015	9/12/2015	8/2/2016
Caatinga nativa	147,4 A	169,92 A	185,58 A	257,5 A
Caatinga pastejada	33,80 AB	10,62 B	23,86 B	45,66 B
Buffel pastejado	4,17 B	34,32 B	47,75 B	38,69 B

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

A produção de CH₄ no solo ocorre na ausência de oxigênio e é influenciada por fatores como umidade, temperatura do solo e do clima, além de fatores relacionados ao sistema de manejo e disponibilidade de carbono no solo (WU, et al, 2010). Foram observadas correlações positivas entre as emissões acumuladas de CO₂ e as emissões acumuladas de CH₄, assim como entre as emissões acumuladas de CO₂ e a chuva (ANEXO E), o que pode ajudar a explicar porquê as emissões acumuladas de CH₄ foram maiores na área de Caatinga nativa. Nessa área, todo o

material vegetal produzido pelas plantas permanece sobre o solo na forma de serapilheira, ou seja, não é consumido pelos animais como ocorre na Caatinga pastejada nem decomposto pelos microrganismos porque no ambiente semiárido a água torna-se um fator limitante a esse processo. No momento em que ocorrem as chuvas, os resíduos vegetais da serapilheira presentes na área de Caatinga nativa são prontamente decompostos pelos microrganismos do solo e a atividade microbiana nessa situação pode ser tão intensa que leva à formação de alguns pontos de anaerobiose no solo. Em condições anaeróbicas, o carbono pode ser usado comoceptor de elétrons levando à formação de CH_4 (RIBEIRO et al 2016). Nas áreas de Caatinga pastejada e de capim buffel a disponibilidade de restos de plantas sobre o solo seria menor justamente em função da remoção de material pelo pastejo e, portanto, as emissões de CH_4 são menos intensas.

Na Caatinga nativa, Caatinga pastejada e buffel pastejado a temperatura do solo teve variação de 27,9°C a 47,9°C; 27,8°C a 48,1°C e 28,4 a 44,1°C, respectivamente (ANEXO B). As maiores temperaturas do solo nestes dias possivelmente aumentaram a decomposição da matéria orgânica, gerando sítios de anaerobiose no solo, o que levou à maior emissão de metano na Caatinga nativa no dia 23/09. Como a Caatinga nativa é caracterizada por plantas arbóreas que no início do período seco liberam as folhas como defesa metabólica ao déficit hídrico e considerando que o aporte de C no solo por meio dos resíduos vegetais potencializa as emissões de CH_4 (Yuet al., 2004), as condições químicas do solo e disponibilidade de C orgânico estão relacionadas com a maior emissão de CH_4 na Caatinga Nativa.

Na Caatinga pastejada a queda das folhas de árvores na época seca favorece a alimentação dos animais e serve de proteção para o solo (MOURÃO et al., 2013), o que justifica a menor emissão de CH_4 nesta área, já que boa parte do material da serrapilheira acaba sendo consumido pelos animais.

Em dezembro houve concentrações de chuvas (Figura1) e, com a retomada de crescimento vegetal, a adição de carbono ao longo deste período de chuvas é principalmente pela herbívora dos insetos que promove a adição de fragmentos de folhas e ramos tenros no solo (LEITE, 2010). O que pode justificar a maior emissão da Caatinga nativa no dia 8/02, após chuvas acumuladas no mês de janeiro. A velocidade que ocorre a atividade microbiana é superior em Caatinga Nativa, comparado a culturas agrícolas e Caatinga manejada (MARTINS et al., 2010).

As emissões acumuladas de CO₂ foram da ordem de 383,34 g C m⁻² na Caatinga pastejada, 271,87 g C m⁻² na Caatinga nativa e 278,90 g C m⁻² no capim buffel (Tabela 3). Embora a interação não tenha sido significativa, como pode ser observado pelo comportamento das curvas de emissão acumulada (Figura 4), diferenças entre as áreas foram encontradas nos dias 02/03/2015, 18/03, 1/04/2015, 7/04/2015, 9/04/2015 e 10/04/2015 (Tabela 6).

Tabela 6-Emissões acumuladas de CO₂ (g m⁻²) na área de monitoramento

Área	Emissões de CO ₂ (g C-CO ₂ m ⁻²)					
	2/3/2015	18/3/2015	1/4/2015	7/4/2015	9/4/2015	10/4/2015
Caatinga nativa	5,42 B	8,33 B	9,07 B	9,62 B	10,47 B	29,43 B
Caatinga pastejada	22,35 A	31,17 A	31,89 A	32,92 A	33,18 A	33,25 A
Buffel pastejado	13,96 AB	25,08 AB	25,21 AB	27,98 A	29,04 A	10,92 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Foi encontrada correlação alta das emissões de CO₂ coma chuva acumulada no ano e a temperatura média do dia e correlação moderada para temperatura do solo no momento da coleta (ANEXO F). Nos dias 2/03, 18/03 e 01/04, a Caatinga nativa apresentou emissões menores de CO₂ e diferente (p<0,05) em relação à Caatinga pastejada, que apresentou emissões semelhantes ao buffel pastejado. Estes dados estão relacionados com a baixa atividade microbiana.

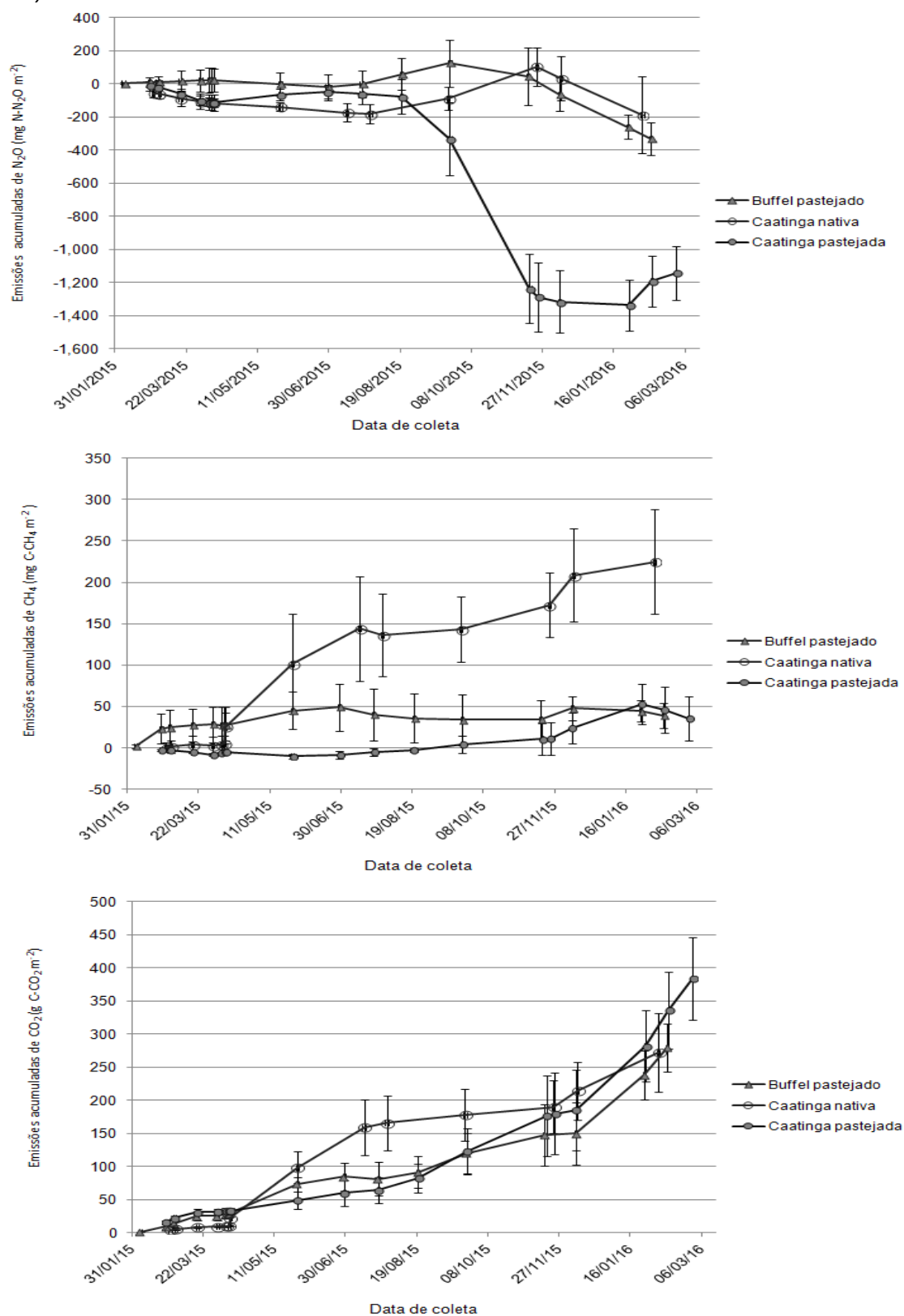
A menor atividade microbiana dos solos nas áreas de Caatinga pode ser decorrente da estabilidade da comunidade microbiana em uma área preservada influenciada por diversos fatores edafoclimáticas e o baixo aporte de matéria orgânica (LEITE et al., 2010).O CO₂emitido pelo solo é formado a partir de compostos orgânicos, respiração das raízes, microorganismos, oxidação química de compostos de carbono e ou decomposição de materiais orgânicos no solo e compostos matanotróficos a partir do CH₄(MILLS,et al.,2005). Além disso, a herbívora pode estimular o metabolismo das plantas, gerando maior respiração radicular,

sendo assim uma parte do C armazenado na biomassa do solo pode ser decomposta e emitida para a atmosfera na forma de CO₂ (AOYAMA et al.,2012).

A vegetação de Caatinga, por sua vez, proporciona baixo aporte de material orgânico ao solo, principalmente folhas e ramos finos restritos ao início do período da seca e conseqüentemente menor atividade microbiana (ARAUJO FILHO et al., 2015).

Dependendo do uso e manejo, o solo pode atuar como emissor de CO₂ para a atmosfera, ou como dreno, pelo acúmulo de carbono na forma de matéria orgânica (IPCC, 2001). Neste experimento a emissão de CO₂ foi maior na caatinga pastejada e pode estar relacionada a umidade do solo com a chuva neste período e a presença dos animais, proporcionando uma maior quantidade de esterco e urina e uma ciclagem dos nutrientes.

Figura 4- Emissões acumuladas de N_2O , CH_4 e CO_2 nas áreas de capim buffel, Caatinga nativa e Caatinga pastejada que compõem o sistema CBL. Barras de erro indicam o erro-padrão da média (n=4)



2.3.2 Experimento 1-Efeitos da deposição de diferentes doses de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa pelo solo

Não foram observadas diferenças entre os fluxos de N_2O , CH_4 e CO_2 em função dos tratamentos de urina e fezes aplicados (Figura 5). Os fluxos variaram ao longo do período de avaliação, mas não é possível identificar diferenças em função dos tratamentos. Também não houve efeitos das doses (0,5, 1,0 e 1,5) de fezes e urina de caprinos e da água adicionados ao solo (Figura 6) sobre as emissões dos GEEs avaliados. No entanto estes resultados são específicos para as condições climáticas e composição química e física dos solos nesta região. De acordo com Sagggar et al. (2007), os principais fatores que influenciam na emissão de N_2O em áreas pastejadas são a excreção aleatória dos dejetos animais, a heterogeneidade espacial dos solos, o pisoteio animal e compactação superficial do solo pós pastejo e as características naturais dos processos de emissão de N_2O , além do uso de fertilizantes nitrogenados. A emissão de óxido nitroso a partir de fezes de animais depositada sobre pasto é dependente das chuvas, da quantidade e a frequência de N introduzido através da taxa de lotação e nível de C orgânico do solo (SAGGAR et al., 2004). Provavelmente a quantidade de N nas fezes e na urina utilizadas nesse experimento (Tabela 7), assim como a umidade do solo, não foram suficientes para garantir a produção e emissão de quantidades significativas dos gases estudados. As quantidades de N adicionadas via dejetos ao solo não alteraram de forma expressiva os teores de N mineral no solo (Tabela 8), o que pode estar relacionado à baixa mineralização dos dejetos devido à falta de umidade no solo e pode explicar a ausência de efeitos dos tratamentos sobre a emissão de N_2O .

Figura 5- Fluxos de N_2O (a), CH_4 (b) e CO_2 (c) em função da adição de diferentes quantidades de urina e fezes de caprinos e de água em área de capim Buffel em Petrolina-PE. As doses 0,5; 1 e 1,5 correspondem, respectivamente, à quantidade de dejetos produzida por evento de micção ou de defecação

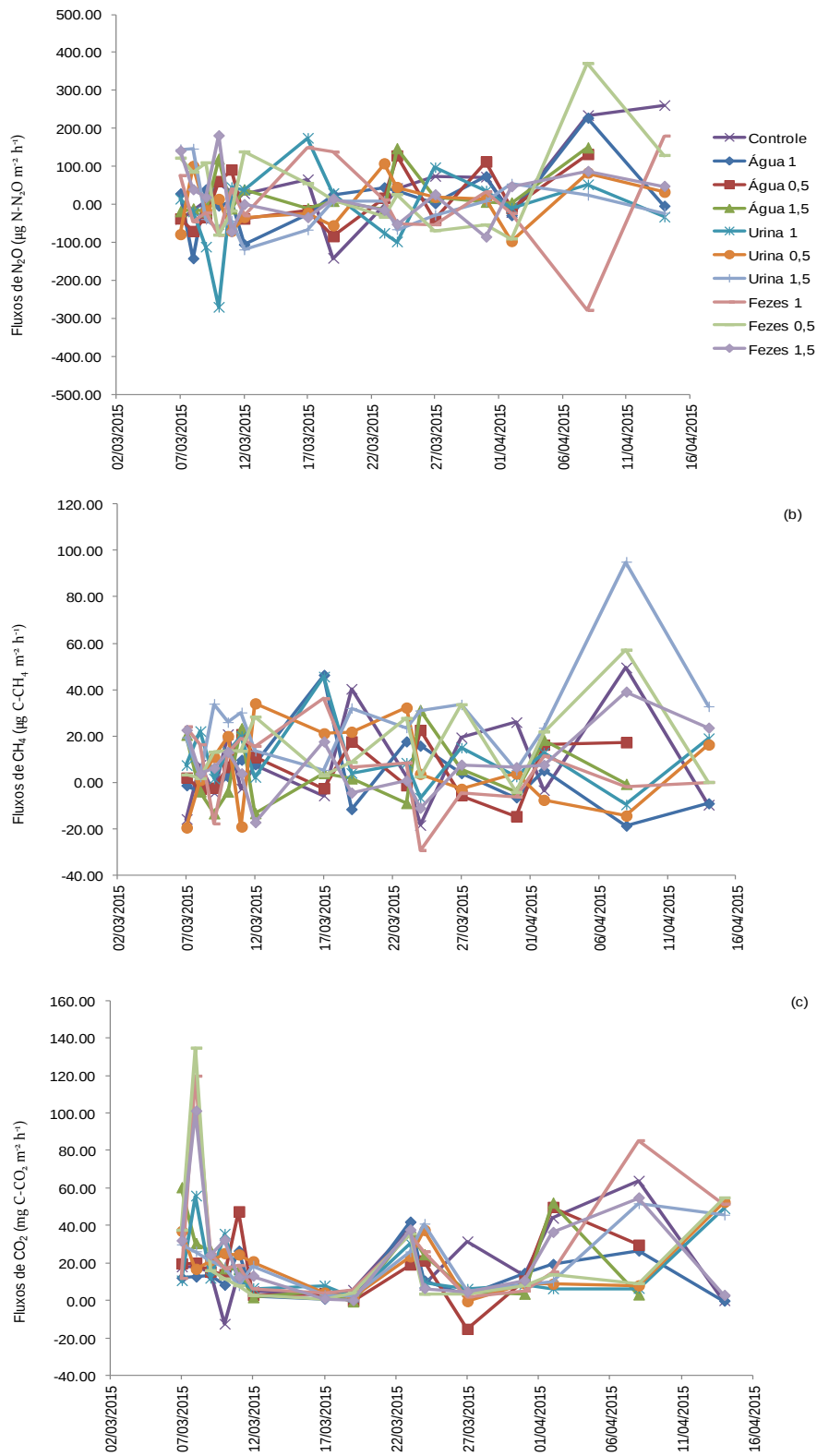
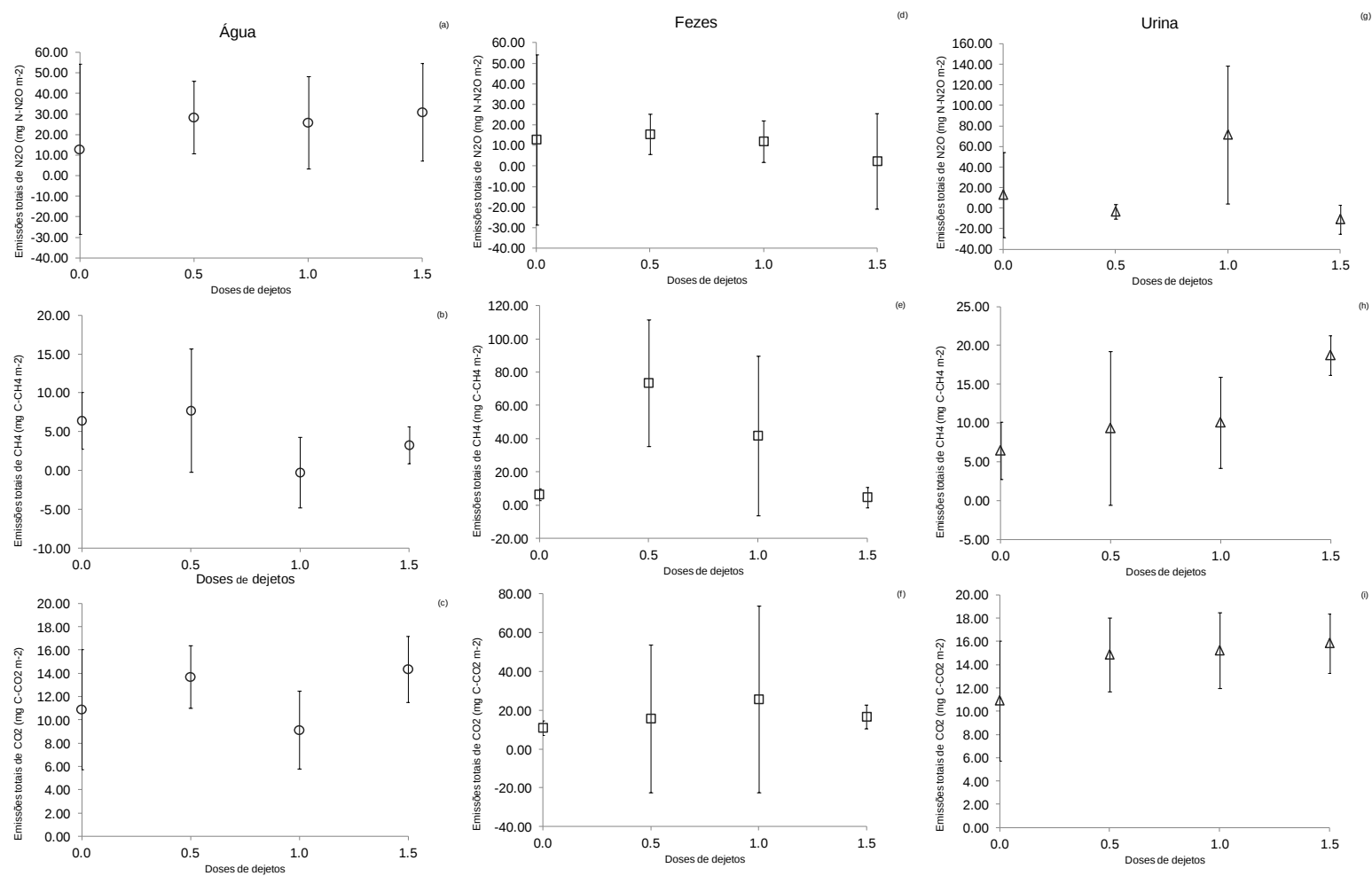


Figura 6. Emissões totais de N_2O (a, d, g), CH_4 (b, e, h) e CO_2 (c, f, i) ao longo do período experimental entre os meses de março e abril de 2015 em função da adição de diferentes quantidades de água e de urina e fezes de caprinos em área de capim Buffel em Petrolina-PE. As doses 0,5; 1 e 1,5 correspondem, respectivamente, à quantidade de dejetos produzida por evento de micção ou de defecação. Barras verticais indicam o erro-padrão da média ($n=4$)



Os resultados deste trabalho podem ser explicados considerando as proposições do modelo “*Hole-in-the-pipe*” (Davidson et al. 2000). Segundo esse modelo, a emissão de gases nitrogenados do solo depende da quantidade de N disponível e da umidade do solo, sendo que em condições de menor disponibilidade de água e maior oxigenação o gás nitrogenado emitido em maior quantidade é o NO. Em condições de umidade maior, há maior emissão de N₂O (processo incompleto de desnitrificação) e em condições extremamente anaeróbicas o N₂ é o principal gás emitido (desnitrificação completa).

As condições de baixas precipitações observadas no experimento não favoreceram uma aerobiose no solo e neste caso a nitrificação é o processo dominante, permitindo uma maior emissão na forma mais oxidada (NO), antes que seja consumida em outros processos.

A quantidade dos dejetos por evento de micção e defecação de caprinos na região semiárida não favoreceram as emissões dos gases, porque a quantidade de N adicionada ao solo e o aumento da umidade provocado pelos dejetos no solo são pequenos. O tratamento controle (sem dejetos) também não teve emissões significativas. De acordo com (Verchot et al., 2000) as emissões de CH₄ na Caatinga nativa são devido a umidade do solo que promoveu um ambiente livre de O₂ o que poderia ter ativado microorganismos metanogênico para começar em decomposição da matéria orgânica disponível no solo levando a emissões de CH₄. Provavelmente os resultados estão coerentes com a realidade das condições edafoclimáticas e características dos solos do semiárido.

2.3.3 Experimento 2- efeito da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de GEEs do solo.

Como não houve diferença entre as doses aplicadas no experimento anterior, este experimento foi realizado apenas com dose de fezes e urina correspondente aos valores produzidos por evento de micção e defecação por animal (52,9 g de fezes e 64,1ml de urina), assim como 64,1 ml de água e um tratamento controle.

Os fluxos de N_2O ao longo do experimento 2 também não apresentaram diferença ($p < 0,05$) entre os dias e entre os tratamentos (Tabela 9). Os tratamentos receberam a adição de 0,59g de N aplicados por câmara na forma de fezes e 0,32g de N por câmara na forma de urina (Tabela 10). Nessas condições, a disponibilidade de N introduzida nos tratamentos não foi suficiente para estimular a produção de N_2O no solo e o influxo de N_2O está relacionado com baixas concentrações de N-inorgânico disponível no solo (Tabela 10).

Tabela 7- Teor de Nitrogênio total (%) da matéria seca, (%) de matéria seca nos dejetos (fezes e urina) de caprinos

Tratamentos	Experimento 1	
	(%)N	(%) MS
Fezes	2,34	48,12
Urina	0,51	0,034

(%)N; percentagem de nitrogênio; (%)MS; percentagem de matéria seca

Tabela 8- Quantidade de (urina e fezes) e Nitrogênio aplicado na forma de dejetos por câmaras, por metro quadrado e por hectares nos experimento para efeitos da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa pelo solo

Tratamentos	ml/Câm	g N/Câm	g N/m ²	kg N/há
	Experimento 1			
Urina				
0,5	32,05	0,16	0,68	6,8
1	64,1	0,33	1,36	13,6
1,5	96,15	0,49	2,04	20,4
Fezes				
0,5	26,45	0,29	1,24	12,4
1	52,9	0,59	2,48	24,8
1,5	79,3	0,89	3,72	37,2

ml/Câm; mililitros aplicados por câmaras ;gN/Câm; gramas de Nitrogênio por câmara;g N/m²; gramas de Nitrogênio por metro quadrado; kg N/ha; quilogramas de Nitrogênio por hectare

Tabela 9 Fluxos de N₂O; CH₄ e CO₂ ao longo do experimento em função da deposição de urina e fezes de caprinos sobre o solo nos dias 29 de setembro a 03 de outubro

Dia	Controle	Água	Urina	Fezes
N ₂ O $\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$				
29/set	25,2 Aa	32,3 Aa	-22,5 Aa	25,4 Aa
01/out	-136,9 Aa	3,8 Aa	-166,0 Aa	49,2 Aa
02/out	-4,7 Aa	283,6 Aa	-87,3 Aa	-252,6 Aa
03/out	-37,5 Aa	-2,9 Aa	-126,1 Aa	35,2 Aa
CH ₄ $\mu\text{g C-CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$				
29/set	-3,8 Aa	-39,4 Aa	-12,7 Aa	2,3 Aa
01/out	-1,8 Aab	20,0 Aa	12,5 Aab	-28,4 Ab
02/out	7,8 Aa	6,3 Aa	13,8 Aa	-14,0 Aa
03/out	21,8 Aa	-1,9 Aa	-2,8 Aa	-0,8 Aa
CO ₂ $\text{mg C-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$				
29/set	4,0 Ab	10,9 Ab	48,4 Aa	15,7 Ab
01/out	12,7 Aa	9,2 Aa	2,2 Ba	3,9 ABa
02/out	15,5 Aa	14,0 Aa	5,9 Ba	-13,1 Ba
03/out	11,2 Aa	9,0 Aa	4,6 Ba	8,6 ABa

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.
Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 10- Quantidade de (urina e fezes) e Nitrogênio aplicado na forma de dejetos por câmaras, por metro quadrado e por hectares nos experimento para efeitos da deposição de urina e fezes de caprinos sobre as emissões de gases de efeito estufa pelo solo

	ml/Câm	g N/Câm	g N/m ²	kg N/ha
Tratamentos	Experimento 2			
Urina	64,1	0,26	1,07	10,65
Fezes	52,9	1,09	4,53	45,26

ml/Câm; mililitros aplicados por câmaras ;gN/Câm; gramas de Nitrogênio por câmara;g N/m²; gramas de Nitrogênio por metro quadrado; kg N/ha; quilogramas de Nitrogênio por hectare

A água tem efeito sobre a dinâmica de N inorgânico no solo (BANDIBAS et al.,1994; HADI et al., 2000). O experimento 2 foi realizado no período com baixas quantidades de chuvas (Tabela1) e a dose de água aplicada nos tratamentos água e urina não foi suficiente para induzir nitrificação e as condições de anaerobiose: bactérias nitrificantes que utilizam nitrito NH₃⁺ como um receptor de elétrons e reduzem a NO e N₂O (BOLLMANN e CONRAD, 1998).

Tabela 11-Teores de Nitrato e Amônio (mg kg^{-1}) em extrato de solo ao longo do experimento em função da deposição de urina e fezes de caprinos sobre o solo entre os dias 29 de setembro a 03 de outubro

Tratamentos	29/set	01/out	02/out	03/out	06/out	08/out
	N-NO ₃ (mgkg^{-1})					
Água	19,2	19,2	34,9	14,0	30,4	15,4
Controle	36,8	36,8	43,0	33,9	34,5	36,0
Fezes	25,3	25,3	22,3	30,1	22,3	23,0
Urina	27,1	27,1	25,2	24,0	22,0	23,6
	N-NH ₄ ⁺ (mg kg^{-1})					
Água	0,77	1,30	0,84	0,01	0,10	0,82
Controle	0,86	1,48	0,57	0,29	0,26	1,37
Fezes	0,24	1,19	0,70	0,00	0,39	0,44
Urina	0,43	0,27	1,26	-0,14	0,98	0,46

Os fluxos de CH₄, não apresentaram diferença ($P < 0,05$) entre os dias de avaliação (Tabela 9). No dia 01/10/2015 o tratamento água teve fluxo maior positivo e o tratamento fezes apresentou o menor fluxo desse gás ($P < 0,05$). Em locais onde as fezes permaneçam úmidas por mais tempo, as emissões de CH₄ pelo solo são mais duradouras (LESSA, 2011). No semiárido as condições de temperatura ambiente e do solo são altas (ANEXO B) e as fezes do caprinos que consomem apenas vegetação nativa da Caatinga e capim buffel apresentam altas proporções de matéria seca (Tabela 10).

Segundo Giacomini et al. (2006) parece haver uma relação entre a alimentação dos animais e a quantidade de N emitida pelos dejetos aplicados ao solo. De acordo com o manejo aplicado aos caprinos neste sistema de produção, os animais consomem Capim buffel no período seco e, de acordo com Voltolini et al. (2011), o capim buffel no período seco apresenta 81,6 % (MS) e 3,4 % de (PB). Nos meses de setembro e outubro não houve chuvas na área do experimento (ANEXO B). Assim, as condições de temperatura e umidade do solo, assim como a alimentação dos animais influenciam para que os dejetos de caprinos percam umidade rapidamente e para que as emissões de GEEs não sejam afetadas pelos dejetos.

Nas análises de nitrato e amônio em extrato de solo (Tabela 11), no experimento com doses de dejetos, observou-se semelhança entre os valores encontrados para os tratamentos e o controle (sem dejetos) ao longo dos dias. O teor de amônio em mg/kg (N-NH₄⁺) foi menor que o de nitrato em mg/kg (N-NO₃⁻) nos dois experimentos. A quantidade de amônio no solo não foi crescente

com as diferentes doses aplicadas de fezes e urina, o que está de acordo com os resultados das emissões dos gases. Os maiores valores de amônio encontrados foram na ultima coleta do solo após aplicação dos dejetos. É provável que, em função da reduzida umidade no solo nas condições de sequeiro, seja necessário um tempo maior de observação para que a conversão de amônio a nitrato no solo através da decomposição dos dejetos de caprinos e, em seguida o processo de desnitrificação, ocorram de forma a permitir que alterações nas emissões de GEEs do solo sejam mensuráveis.

Tabela 12- Teor de Nitrogênio total (%) da matéria seca, (%) de matéria seca nos dejetos (fezes e urina) de caprinos

Tratamentos	Experimento2	
	(%)N	(%) MS
Fezes	3,01	54,2
Urina	0,4	0,028

(%)N; percentagem de nitrogênio; (%)MS; percentagem de matéria seca

Além disso, a anatomia e a fisiologia digestiva dos pequenos ruminantes favorecem fezes mais duras e bem formadas, diferente de fezes de bovinos que são mais úmidas. Chiavegato (2010), em trabalho realizado com emissões de gases do solo por aplicação de dejetos de bovinos, afirma que a umidade das fezes tem forte relação com a emissão de CH₄ do solo porque favorece a ocorrência de sítios anaeróbicos e a atividade de microrganismos metanogênicos. De acordo com Wuebbler e Hayhoe (2002), o fluxo de CH₄ no solo depende dos processos microbianos ocorridos em situação de aerobiose ou anaerobiose no ciclo do C. As condições climáticas da área de estudo favoreceram a perda de umidade rapidamente desses dejetos. Então, é possível que o estímulo às emissões de CH₄ após a deposição dos dejetos sobre o solo só seja percebido se a deposição ocorrer em condições de solo muito úmido e associado à ocorrência de chuvas, para garantir a manutenção dessa umidade por um período maior.

Os maiores fluxos de CO₂ foram observados no tratamento urina no dia 29/09/2015. A urina possui nitrogênio na forma ureia, que ao entrar em contato

com o solo, em função da presença de água da própria urina, é convertida a amônia (NH_3^+) e gás carbônico (CO_2). A NH_3^+ é produzida com primeiro estágio de decomposição do N-orgânico juntamente com o CO_2 , o qual é rapidamente volatilizado (FRASER, et al., 2006), o que explica o pico de emissão de CO_2 observado no primeiro dia após a aplicação de urina ao solo. .

Já os processos de nitrificação da NH_3^+ , levando à formação de Nitrito (NO_2^-) e Nitrato (NO_3^-) e a desnitrificação a N_2O e N_2 são mais lento se dependem de maiores condições de umidade do solo.

Apenas as emissões acumuladas de N_2O ao longo do experimento 2 apresentaram diferenças entre tratamentos, sendo que a urina apresentou emissões menores e negativas sem relação aos demais tratamentos (Tabela 13). A percentagem de matéria seca e as concentrações de N da urina (Tabela 12) foram utilizadas para estimar as quantidades de N adicionadas em cada tratamento: 0,97g de N aplicados por câmara nos tratamentos com fezes de caprinos e 0,26g de N aplicados por câmara nos tratamentos com urina.

Tabela 13 Emissões acumuladas de N_2O (mg N m^{-2}); CH_4 (mg C m^{-2}) e CO_2 (g C m^{-2}) ao longo do experimento em função da deposição de urina e fezes de caprinos sobre o solo

Tratamentos	N_2O		CH_4		CO_2	
Controle	2,24	a	-0,01	a	1,10	a
Água	-5,50	ab	-0,27	a	1,18	a
Fezes	-3,88	ab	-0,60	a	2,24	a
Urina	-16,61	b	0,73	a	1,25	a

Médias seguidas da mesma letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância

3 CONCLUSÕES

As áreas pastejadas apresentaram, ao longo de um ano de avaliação, emissões acumuladas de N_2O inferiores às da área de Caatinga nativa, sugerindo que os mecanismos de formação desse gás são diferentes nas duas áreas avaliadas.

A área de Caatinga nativa apresentou, ao longo de um ano de avaliação, maiores emissões acumuladas de CH_4 e menores emissões acumuladas de CO_2 que as áreas pastejadas por caprinos, sugerindo que o consumo da vegetação pelos animais afeta a ciclagem de carbono no solo. Contudo, com base nas medições feitas nesse estudo, não é possível afirmar quais mecanismos estão envolvidos nesse processo.

Nas condições de sequeiro observadas no Semiárido brasileiro, a deposição de fezes e de urina de caprinos sobre o solo não afetam as emissões de N_2O e de CH_4 , porque as condições de umidade do solo limitam a decomposição dos dejetos e a produção desses gases. Portanto, as emissões foram mais influenciadas por condições climáticas da área experimental do que pelos animais ou pelos dejetos. No entanto, esses resultados são válidos apenas para as condições em que os experimentos foram realizados, não podendo ser extrapolados, por exemplo, para áreas irrigadas, onde o esterco é usado como adubo orgânico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. C. **Caracterização Técnica do Sistema de Produção Pecuário da Microrregião do Cariri da Paraíba**. 2011. 149 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

ALMEIDA, R. G.; MEDEIROS, S.R. Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 10 ANOS DE PESQUISA, 1, 2013, Campo Grande, **Anais** Campo Grande, 2013. p. 1-23. Disponível em: <
<http://www.cppse.embrapa.br/redepecus/sites/default/files/principal/publicacao/Emiss%C3%A3o%20de%20gases%20de%20efeito%20estufa%20em%20sistemas%20de%20integra%C3%A7%C3%A3o%20lavoura-pecu%C3%A1ria-floresta.pdf>> Acesso em: 24 abr 2015.

ALVES, B. J. R. et al. Selection of the most suitable sampling time for static chambers for the estimation of daily mean N₂O flux from soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 46, p. 129-135, 2012.

AOAC International. **Official Methods of analysis of AOAC**. 16th ed. Arlington, 1996. 2000 p.

AOYAMA, E. M.; LABINAS, A. M. Características estruturais das plantas contra a herbivoria por insetos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 365-386, 2012.

ARAUJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da Caatinga**. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200 p. Disponível em: <
http://www.cstr.ufcg.edu.br/ppgz/manejo_pastoril_sustentavel_caatinga.pdf> Acesso em: 04 set. 2015.

ARAUJO FILHO, J. A. et al. Efeitos da manipulação da vegetação lenhosa sobre a produção e compartimentalização da fitomassa pastável de uma Caatinga sucessional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.11-19, 2005.

ARAUJO FILHO, J.A.; CRISPIM, S.M.A. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, 2002, Concordia, SC. **Anais**.Corumbá, MS: Embrapa pantanal, 2002. p.1-7.

ARAUJO, G.; ALBUQUERQUE, S.; GUIMARÃES FILHO, C. **Opções no uso de forrageiras arbustivo-arbóreas na alimentação animal no semiárido do nordeste**. 2006. *Sistema aberto e integrado de informação em agricultura* , p. 25.

ARAUJO, G.G.L. et al. Opções no uso de forrageiras arbustivo-arbóreas na alimentação animal no semi-árido do nordeste. In: CARVALHO, M.M. et al. **Sistemas agro florestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: 2001. p. 111-137.

BANDIBAS, J. et al. The effect of different moisture regimes and soil characteristics on nitrous oxide emission and consumption by different soils. **Soil Science**, v. 158, n. 2, p. 106–114, 1994.

BARRETO, L. M. G. et al. Comportamento ingestivo de caprinos das raças Moxotó e Canindé em confinamento recebendo dois níveis de energia na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 4, 834-842, 2011.

BOLLMANN, A.; CONRAD, R. Influence of O₂ availability on NO and N₂O release by nitrification and denitrification in soils. **Global Change Biology**, v. 4, n. 4, p. 387–396, 1998.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. **Segunda comunicação nacional do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2013.

CARVALHO, R.L. de; POTENGY, G.; KATO, K. PNPB e sistemas produtivos da agricultura familiar no semi-árido: oportunidades e limites. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 7, 2007, Brasília. **Anais do VII Congresso da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção**, Rio de Janeiro, UFRJ, 2007.

CHAN, A.S.K.; PARKIN, T. B. Effect of land use on methane flux from soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, n. 3, p. 786-797, 2001.

CHIAVEGATO, M.B. **Fluxos de gases de efeito estufa no solo com deposição de fezes e urina de bovinos de corte na região Sudoeste da Amazônia**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado) –Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2010.

COUTINHO, M.J.F. et al. A pecuária como atividade estabilizadora no Semiárido brasileiro. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n 3, p. 9-17, 2013.

CORDOVIL, C.M.S.; VARENNES, A.; PINTO, R.; FERNANDES, R.C. Changes in mineral nitrogen, soil organic matter fractions and microbial community level physiological profiles after application of digested pig slurry and compost from municipal organic wastes to burned soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.43, p.845-852, 2011

DA SILVA, F. D. et al. Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop–livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, n. 1, p. 60-69, 2014.

DAVIDSON, E. A. et al. Testing a Conceptual Model of Soil Emissions of Nitrous and Nitric Oxides Using two functions based on soil nitrogen availability and soil water content, the hole-in-the-pipe model characterizes a large fraction of the observed variation of nitric oxide and nitrous oxide emissions from soils. **Bioscience**, v. 50, n. 8, p. 667-680, 2000.

DENMAN, K. L. et al. Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry. In: SOLOMON, S. et al. (Org.). **Climate Change 2007: The physical science basis. contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. cap. 7, p.499-588.

FORSTER, P. et al. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In: SOLOMON, S. et al. (Org.). **Climate change 2007: the physical science basis. contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. cap. 2, p.129-234.

FRASER, F. C. et al. On the origin of carbon dioxide released from rewetted soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 101, outubro, p. 1-5, 2016.

GAMA-RODRIGUES, E.F. et al. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 393-901, 2005.

GEESING, D.; FELKER, P.; BINGHAM, R.L. Influence of mesquite (*Prosopis glandulosa*) on soil nitrogen and carbon development: implications for global carbon sequestration. **Journal of Arid Environments**, v. 46, n. 2, p. 157–180, 2000.

GERBER, P. et al. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. **Livestock Science**, v. 139, n. 1, p. 100-108, 2011.

GIACOMINI, S. J. et al. Emissão de Óxido Nitroso com a Aplicação de Dejetos Líquidos de Suínos em Solo sob Plantio Direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 2006.

GREGORICH, E.G. et al. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in Eastern Canada. **Soil and Tillage Research**, v. 83, n. 1, p. 53–72, 2004.

GREGORICH, E.G.; ROCHETTE, P.; HOPKINS, D.W.; McKIM, U.F.; ST-GEORGES, P. Tillage-induced environmental conditions in soil and substrate

limitation determine biogenic gas production. **Soil Biology & Biochemistry**, 38, p. 2614–2628, 2006

HADI, A. et al. Effect of land-use changes on nitrous oxide (N₂O) emission from tropical peatlands. **Chemosphere: Global Change Science**, v. 2, n. 3-4, p. 347–358, 2000.

HOLANDA JÚNIOR, E. V. **Sistemas de Produção de Pequenos Ruminantes no Semiárido do Nordeste Brasileiro**. Documento 66. Sobral: Embrapa Caprinos, 2006, 53 p.

HYVÖNEN, R. et al. The likely impact of elevated [CO₂], nitrogen deposition, increased temperature and management on carbon sequestration in temperate and boreal forest ecosystems: a literature review. **New Phytologist**, v. 173, n. 3, p. 463-480, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal**. Brasília, 2010. Disponível em: < http://www.sidra.ibge.gov.br/producao_da_peduarua_municipal/2010.ppm2010.pdf > Acesso em: outubro de 2015.

Produção pecuária- rebanho caprinos nordeste. Brasília, 2015. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/>> Acesso em 26 de maio de 2016.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. FIELD, C.B. et al. (Org.). Cambridge, 2014, 1132 p.

JOHNSON, M.F. et al. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agriculture in the central USA. **Soil & Tillage Research**, v.83, n. 1, p.73-94, 2005.

KÜLLING, D. R. et al. Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass-and hay-based rations. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 65, n. 1, p. 13-22, 2003.

LE TREUT, H. et al. Historical overview of climate change. In: SOLOMON, S.; QIN, D., et al (Org.). **Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, 2007. p. 93-127.

LEITE, L. F. C.; PETRERE, V. G.; SAGRILO, E. Sequestro de carbono em solos da região Semiárida brasileira estimado por modelo de simulação em diferentes sistemas produtivos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL: CLIMA,

SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS, 2, 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: BNB-ETENE, MMA, 2010.

LESSA, A. C. R. 2011. 59 p. Emissão de Óxido Nitroso e Volatilização de Amônia de Urina e Fezes Bovinas em Pastagens. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011

LIEBIG, M.A. et al. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada. **Soil and Tillage Research**, v. 83, n. 1, p. 25-52, 2005.

MARTINS, C. M. et al. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1883-1890, 2010.

MCTI- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Emissões de Efeito Estufa no Brasil. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.** 2 ed. Brasília, 2014, 168 p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0235/235580.pdf> Acesso em: 29 jun 2016.

MENDONÇA E MATOS. **Matéria Orgânica do solo; métodos de análises-Viçosa**; MG. UFV ; 2005. cap9- p.61, Nitrato em extrato de solos - Adaptado de Yang et al.(1993)/cap10-p.67, Amônio em Extrato de solos -Adaptado de Kemperes e Zweers (1986).

MILLS, A. J. et al. Ecosystem carbon storage under different land uses in three semi-arid shrublands and a mesic grassland in South Africa. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 22, n. 3, p. 183-190, 2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo.** 2. ed. Lavras, 2006. 729 p.

MOSIER, A. et al. An overview of the revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventory methodology for nitrous oxide from agriculture. **Environmental Science and Policy** v. 2, n. 3, p. 325–333, 1999.

MOURÃO, A. E. B. et al. Produção e distribuição sazonal de litter em áreas de Caatinga sob diferentes manejos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS NATURAIS NO SEMIÁRIDO, 1, 2013, Iguatu. **Anais...**2013. p. 1a-6a.

NORTON, J. M., Nitrification in agricultural soils. In: SCHEPERS, J.S.; RAUN, W.R. (Org.). **Nitrogen in Agricultural Systems.** American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, 2008. p. 173–199. (Agronomy Monograph. 49)

OLIVEIRA, M.S. **O mercado exportador do sistema agroindustrial alimentar e sua influência para a economia nacional.** 2009. 52 p. Trabalho de

Conclusão de Curso (Administração) – Centro Universitário do Planalto de Araxá, Araxá, 2009.

PUMPANEN, J.; ILVESNIEMI, H.; HARI, P.A process-based model for predicting soil carbon dioxide efflux and concentration. **Soil Science Society of America Journal**, v. 67, n. 2, p. 402–413 2003.

SAGGAR S. et al. Measured and modeled estimates of nitrous oxide emission and methane consumption from a sheep-grazed pasture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 122, n. 3, p. 357-365, 2007.

RIBEIRO, Kelly et al. Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga. **Science of The Total Environment**, v. 571, p. 1048-1057, 2016.

SAGGAR, S. et al. Modelling nitrous oxide emissions from dairy-grazed pastures. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 68, n. 3, p. 243-255, 2004.

SEEG- Sistema de estimativa de emissões de gases de efeito estufa. **Documento de análise: evolução das emissões de gases de efeito estufa no brasil (1970-2013) setor de agropecuária**. Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (IMAFLOA), São Paulo, 2015. 57 p. Disponível em: <https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/55ca3a26a856a_agropecuaria_2015.pdf> Acesso em: 24 jun 2016.

Brasil Emissões totais 2016. Disponível em; <http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission> Acesso em: 26 jun 2016.

SILVA, G. A. et al. Influência da dieta com diferentes níveis de lipídeo e proteína na resposta fisiológica e hematológica de reprodutores caprinos sob estresse térmico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.1, p.154-161, 2006.

SMITH, J.L. & PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M. & STOTZKY, G., eds. **Soil Biochemistry**. New York, 1990. p.357-396.

SMITH, K.A. et al. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. **European Journal of Soil Science**, v.54, n. 4, p.779- 791, 2003 .

SNYDER C.S. et al. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 133, n. 3-4, p.247-266, 2009.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, n. 2, p. 195-207, 1992.

VERCHOT, L.V., Davidson, E.A., Cattânio, J.H., Ackerman, I.L., 2000. Land-use **change and biogeochemical controls of methane fluxes in soils** of eastern Amazonia. *Ecosystems* 3,41–56

VOLTOLINI, T. V. et al. Principais modelos produtivos na criação de caprinos e ovinos. In: VOLTOLINI, T. V. **Sistema de produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011, p. 219-232.

WRAGE, N. et al. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 12-13, p. 1723–1732, 2001.

WU, X. et al. Effects of soil moisture and temperature on CO₂ and CH₄ soil-atmosphere exchange of various land use/cover types in a semi-arid grassland in Inner Mongolia, China. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 5, p. 773-787, 2010.

WUEBBLES, D.J.; HAYHOE, K. Atmospheric methane and global change. **Earth-Science Reviews**, v. 57, n. 1-3, p.177-210, 2002.

YU, K.; PATRICK Jr., W. H. Redox window with minimum global warming potential contribution from rice soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 6, p. 2086-2091, 2004.

ZANONI, M. M. et al. Emissão de metano por decomposição de resíduo florestal inundado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 173-179, 2015.

ANEXOS

ANEXO A Datas de coletas dos GEEs nos experimentos em área de capim buffel e em áreas de monitoramento do sistema CBL (Caatinga-n: Caatinga nativa; Caatinga-p: Caatinga pastejada; buffel-p: buffel pastejado)

Experimento 1		Experimento 2		Área de monitoramento		Área de monitoramento		Área de monitoramento	
datas	área	datas	área	datas	área	datas	área	datas	área
07/03/2015	buffel+ doses	29/09/2015	buffel+ doses	03/02/2015	buffel-p	06/02/2015	caatinga-n	06/02/2015	caatinga-p
08/03/2015	buffel+ doses	01/10/2015	buffel+ doses	06/02/2015	buffel-p	27/02/2015	caatinga-n	24/02/2015	caatinga-p
09/03/2015	buffel+ doses	02/10/2015	buffel+ doses	24/02/2015	buffel-p	03/03/2015	caatinga-n	02/03/2015	caatinga-p
10/03/2015	buffel+ doses	03/10/2015	buffel+ doses	02/03/2015	buffel-p	18/03/2015	caatinga-n	18/03/2015	caatinga-p
11/03/2015	buffel+ doses	29/09/2015	buffel+ doses	18/03/2015	buffel-p	01/04/2015	caatinga-n	01/04/2015	caatinga-p
12/03/2015	buffel+ doses	01/10/2015	buffel+ doses	01/04/2015	buffel-p	07/04/2015	caatinga-n	07/04/2015	caatinga-p
17/03/2015	buffel+ doses	02/10/2015	buffel+ doses	07/04/2015	buffel-p	09/04/2015	caatinga-n	09/04/2015	caatinga-p
19/03/2015	buffel+ doses	03/10/2015	buffel+ doses	09/04/2015	buffel-p	10/04/2015	caatinga-n	10/04/2015	caatinga-p
23/03/2015	buffel+ doses	29/09/2015	buffel+ doses	10/04/2015	buffel-p	27/05/2015	caatinga-n	27/05/2015	caatinga-p
24/03/2015	buffel+ doses	01/10/2015	buffel+ doses	27/05/2015	buffel-p	13/07/2015	caatinga-n	29/06/2015	caatinga-p
27/03/2015	buffel+ doses	02/10/2015	buffel+ doses	29/06/2015	buffel-p	29/07/2015	caatinga-n	23/07/2015	caatinga-p
31/03/2015	buffel+ doses	03/10/2015	buffel+ doses	23/07/2015	buffel-p	22/09/2015	caatinga-n	20/08/2015	caatinga-p
02/04/2015	buffel+ doses			20/08/2015	buffel-p	23/11/2015	caatinga-n	23/09/2015	caatinga-p
08/04/2015	buffel+ doses			23/09/2015	buffel-p	10/12/2015	caatinga-n	18/11/2015	caatinga-p
14/04/2015	buffel+ doses			17/11/2015	buffel-p	05/02/2016	caatinga-n	24/11/2015	caatinga-p
				09/12/2015	buffel-p			09/12/2015	caatinga-p
				26/01/2016	buffel-p			27/01/2016	caatinga-p
				11/02/2016	buffel-p			12/02/2016	caatinga-p
								29/02/2016	caatinga-p

ANEXO B– Dados Meteorológicos do campo experimental Caatinga da Embrapa Semiárido (Petrolina - PE)

Latitude:09°04' S				Longitude:40°19' W			
Mês	Ta(max) (°C)	Ta(min) (°C)	Ta (med) (°C)	Ur (med) (%)	Vv (m/s)	Prec (mm)	ET0 (mm)
jan/15	34,00	22,36	27,88	53,80	1,25	18,50	5,17
fev/15	33,50	22,88	27,70	58,96	1,21	23,70	4,86
mar/15	33,66	23,11	28,13	57,63	1,18	43,60	4,93
abr/15	32,50	22,32	26,99	67,79	1,02	101,10	4,21
mai/15	30,89	21,58	25,68	70,37	1,21	22,40	3,61
jun/15	30,40	20,26	24,98	66,39	1,31	0,10	3,43
jul/15	30,32	19,88	24,81	62,59	1,42	14,00	3,80
ago/15	31,38	19,41	25,20	55,32	1,45	0,00	4,62
set/15	33,65	20,65	26,99	49,22	1,34	0,00	5,47
out/15	34,10	22,38	28,09	48,21	1,40	0,00	5,67
nov/15	36,10	23,73	29,86	42,46	1,26	0,00	6,00
dez/15	35,29	23,59	29,31	48,00	1,34	31,70	5,87
jan/16	31,10	22,41	26,20	76,28	0,99	237,00	3,86
fev/16	31,24	21,15	25,70	74,80	0,99	19,40	4,38

ANEXO C –Análise de variância para os fluxos e emissões acumuladas de N₂O, CH₄ e CO₂ no monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema CBL

Fonte de Variação	Fluxos			Emissões acumuladas		
	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂
Uso	ns	ns	*	**	**	**
Dia	ns	ns	**	**	**	**
Uso x dia	**	ns	ns	**	**	ns

** significativo a 5 %; ns; não significativo

ANEXO D – Efeitos das áreas sobre os fluxos de N₂O, CH₄ e CO₂ dentro de cada dia de avaliação no estudo de monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema CBL

Data de coleta	Fluxos de gases		
	N ₂ O	CH ₄	CO ₂
	μg N-N ₂ O m ⁻² h ⁻¹	μg C-CH ₄ m ⁻² h ⁻¹	mg C-CO ₂ m ⁻² h ⁻¹
03/02/2015	.	.	.
06/02/2015	ns	ns	ns
25/02/2015	ns	ns	ns
02/03/2015	ns	ns	ns
18/03/2015	ns	ns	ns
01/04/2015	ns	ns	ns
07/04/2015	ns	ns	ns
09/04/2015	ns	ns	ns
10/04/2015	ns	ns	ns
27/05/2015	ns	ns	ns
29/06/2015	ns	ns	ns
13/07/2015	.	.	.
26/07/2015	ns	ns	ns
20/08/2015	ns	ns	ns
23/09/2015	ns	ns	ns
20/11/2015	ns	ns	ns
24/11/2015	.	.	.
09/12/2015	ns	ns	ns
26/01/2016	0,0187	ns	ns
08/02/2016	0,0014	ns	ns
29/02/2016	.	.	.

Ns: não significativo

ANEXO E -Efeitos das áreas sobre as emissões acumuladas de N₂O, CH₄ e CO₂ dentro de cada dia de avaliação no estudo de monitoramento das emissões de GEEs nas áreas do sistema CBL

Data de coleta	Emissões acumuladas		
	N ₂ O mg m ⁻²	CH ₄ mg m ⁻²	CO ₂ g m ⁻²
03/02/2015	.	.	.
06/02/2015	.	.	.
25/02/2015	ns	ns	ns
02/03/2015	ns	ns	0,0419
18/03/2015	ns	ns	0,0227
01/04/2015	ns	ns	0,0195
07/04/2015	ns	ns	0,0102
09/04/2015	ns	ns	0,0099
10/04/2015	ns	ns	0,0105
27/05/2015	ns	ns	ns
29/06/2015	ns	ns	ns
13/07/2015	.	.	.
26/07/2015	ns	ns	ns
20/08/2015	ns	ns	ns
23/09/2015	ns	0,0242	ns
20/11/2015	0,0005	0,0053	ns
24/11/2015	.	.	.
09/12/2015	0,0001	0,0035	ns
26/01/2016	0,0007	ns	ns
08/02/2016	0,0022	0,0055	ns
29/02/2016	.	.	.

ns; não significativa

ANEXO F – Tabela de correlação de Pearson (coeficientes de correlação e nível de significância) entre parâmetros de emissões de GEEs e climáticos para as áreas de monitoramento que compõem o sistema CBL (continua)

	dia	N2Ofxh	CH4fxh	CO2fxh	N2Ofxm es	CH4fxm es	CO2fxm es	N2Ofxdia	CH4fxdia	CO2fxdia	N2Oem acum	CH4em acum	CO2em acum	Tempcamara	Tempmediadia	Urdia	Tempsolo	Tempcoleta	chuva_mes	chuvaacumulada ano
dia				0.14842						0.14842	-0.1254		0.22523	-0.1153	-0.2994			-0.1532		0.33561
				0.0328						0.0328	0.0798		0.0015	0.0981	<.0001			0.0272		<.0001
N2Ofxh			0.14547		0.92422			1	0.14547						-0.1267	0.17679				
			0.0379		<.0001			<.0001	0.0379						0.0725	0.0118				
CH4fxh				0.11615		0.87719		0.14161	1	0.11615		0.20606								
				0.0964		<.0001		0.0439	<.0001	0.0964		0.0039							0.0441	
CO2fxh							0.976		0.11615	1	-0.3773		0.5206	-0.1928	-0.1196	0.33409		-0.1798	0.37695	0.56077
							<.0001		0.0964	<.0001	<.0001		<.0001	0.0054	0.0883	<.0001		0.0095	<.0001	<.0001
N2Ofxm es						0.15275		0.91646												
						0.084		<.0001												
CH4fxm es									0.87719			0.31062			0.16602	-0.163			-0.1939	
									<.0001			0.0006			0.0581	0.0628			0.0317	
CO2fxm es										0.976	-0.3862		0.48904	-0.2146		0.43815		-0.1689	0.42027	0.55208
										<.0001	<.0001		<.0001	0.0135		<.0001		0.0528	<.0001	<.0001
N2Ofxdia									0.14161						-0.1391	0.16403				
									0.0439						0.049	0.02				
CH4fxdia										0.11615		0.20606							-0.1762	
										0.0964		0.0039							0.0441	
CO2fxdia											-0.3773		0.52059	-0.1928	-0.1196	0.33409		-0.1798	0.37695	0.56077
											<.0001		<.0001	0.0054	0.0883	<.0001		0.0095	<.0001	<.0001

Dados em destaque indicam coeficientes de correlação de Pearson significativos a 5%. Dia: dia de coleta; N2Ofxh; fluxo de N2O por hora; CH4fxh; fluxo de CH4 por hora; CO2fxh; fluxo de CO2 por hora; N2Ofxm; fluxo de N2O por mês; CH4fxm; fluxo de CH4 por mês; CO2fxm; fluxo de CO2 por mês; N2Ofxdia; fluxo de N2O por dia; CH4fxdia; fluxo de CH4 por dia; CO2fxdia; fluxo de CO2 por dia; N2Oemacu; emissões acumuladas de N2O; CH4emacu; emissões acumuladas de CH4; CO2emacu; emissões acumuladas de CO2; Temp cam; temperatura da câmara; Temp media dia; temperatura media do dia; umidade relativa do dia; Temp solo; temperatura do solo; Tempo coleta; temperatura do ambiente na coleta; chuva mensal; chuva mensal; chuva acumulada no ano; chuva acumulada no ano

	dia	N2Ofxh	CH4fxh	CO2fxh	N2Ofxmes	CH4fxmes	CO2fxmes	N2Ofxdi	CH4fxdi	CO2fxdi	N2Oem	CH4em	CO2em	Tempca	Tempm	Urdia	Tempso	Temp_c	chuva_	chuvaa
acu																			mes	cumula
													-0.6263	-0.1402	-0.2749		-0.1509		-0.2579	-0.4961
													<.0001	0.0506	0.0001		0.0387		0.0045	<.0001
													0.30013							0.36212
													<.0001							<.0001
															0.15224		0.1861			0.82027
															0.035		0.0106			<.0001
															0.64637	-0.6746	0.4715	0.62232	-0.2135	
															<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.014	
																-0.6707	0.49451	0.55382		-0.1238
																<.0001	<.0001	<.0001		0.0778
																	-0.4483	-0.6089	0.42848	0.13181
																	<.0001	<.0001	<.0001	0.0602
																		0.36031	-0.3884	
																		<.0001	<.0001	
																				0.25011
																				0.0038

Coeficiente de correlação de Pearson maior que 0,70 indicam correlação forte , entre 0,30 e 0,70 indicam correlação moderadas e menores que 0,30 indicam correlações fracas.