



ARTIGO CIENTÍFICO

Créditos de carbono da bovinocultura brasileira por modelo quantitativo e parcimonioso

Carbon credits of Brazilian cattle using a quantitative model and parsimonious

José Abrantes de Sá Neto¹, Allan Sarmiento Vieira², Érika Lira da Silva³, Francisco Dinarte de Sousa Fernandes⁴

Resumo: O objetivo desta pesquisa é mensurar os créditos de carbono (CO₂) da atividade bovinocultura brasileira utilizando um modelo parcimonioso, que tem como base projetos de desenvolvimento limpo (biodigestores) que levem em consideração as peculiaridades climáticas de uma determinada região do Brasil. Com o modelo matemático escolhido, foi feita uma simulação, por intermédio de cenários idealizados, comparando com a metodologia proposta pelas Nações Unidas (ONU), a fim de averiguar a sua eficaz numérica. Em seguida foram selecionados dois Estados de diferentes regiões brasileiras, com intuito de validar a metodologia proposta. Os resultados mostraram que o modelo escolhido é um algoritmo preciso e parcimonioso capaz de gerar informações confiáveis que consideraram as peculiaridades de uma determinada região (pressão atmosférica, quantidade de dejetos e temperatura), já que as mesmas influenciam no processo de produção do biogás.

Palavras-chave: Gestão ambiental; Modelo matemático; Créditos de carbono; Projetos verdes.

Abstract: The main objective of this research is to measure the carbon credits (CO₂) Brazilian bovinocultura activity using a parsimonious model based on clean development projects (bio-digesters) which take into account the climatic peculiarities of a particular region of Brazil. With the chosen mathematical model, a simulation was made through idealized scenarios, comparing with the methodology proposed by the United Nations (UN), in order to ascertain its effective numerical. Then we selected two states from different regions of Brazil, in order to validate the proposed methodology. The results showed that the model chosen is a parsimonious and accurate algorithm capable of generating reliable information they considered the peculiarities of a particular region (atmospheric pressure, amount of waste and temperature), because such peculiarities influence the biogas production process.

Key words: Environmental management; Mathematical model; Carbon credits; Projects green.

* Autor para correspondência

Recebido para publicação em 27/09/2018; aprovado em 08/11/2018

¹Graduado em Ciências Contábeis, Especialista em Contabilidade para Gestão Pública e Empresarial, Universidade Federal de Campina Grande, Sousa, Paraíba. (83) 3521-3236, abranteneto2015@gmail.com.

²Professor Doutor em Recursos Naturais, Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental no Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sousa, Paraíba. (83) 3521-3236, allan.sarmiento@ufcg.edu.br.

³Administradora, Especialista em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Sousa, Paraíba. (83) 3521-3236, erikaliradasilva@gmail.com

⁴ Professor Mestre em Administração, Universidade Federal de Campina Grande, Sousa, Paraíba. (83) 3521-3236, dinarteprofessor@gmail.com.



INTRODUÇÃO

O aumento da concentração populacional nas cidades, a diversidade dos produtos, o desenvolvimento acelerado e a globalização, acabam por acrescer o uso de recursos naturais (renováveis e não renováveis), ocasionando a escassez dos mesmos. Com isso a preocupação com a degradação ambiental se tornou nas últimas décadas o centro de muitas discussões tanto no Brasil como no mundo, no intuito de encontrar melhores soluções que ajudem na prevenção, recuperação e reciclagem do meio ambiente. Para tanto, a redução dos gases que contribuem para formação do efeito estufa no meio ambiente é uma das maneiras de preservar e promover o desenvolvimento sustentável.

O aquecimento global é uma das maiores preocupações da atualidade e tem efeitos econômicos e não econômicos, podendo influenciar setores do mercado como a agricultura, turismo, piscicultura, aumento do nível do mar, mudança na qualidade e quantidade de água doce. Já com relação os impactos não econômicos podem ser citados: a saúde, o lazer, perda da qualidade dos ecossistemas, perda de culturas (WORLD BANK, 2008b).

Com a ausência de uma gestão eficiente, os prejuízos causados pela degradação ambiental podem ser imensuráveis, contaminando o ar, o solo e a água. Um exemplo comum é a emissão de gás metano proveniente de lixões e granjas (bovinos, caprinos, ovinos, etc.). Nasir et al. (2012), afirmaram que na literatura existem vários métodos para gerenciar esses resíduos provenientes da degradação, em especial a digestão anaeróbica (biodigestores), por se mostrar um processo eficiente.

A partir da elaboração do Protocolo de Kyoto em 1997, a questão ambiental tomou foco e entrou de vez nos debates do meio científico. Neste tratado estão acordadas que a maior responsabilidade para reduzir as emissões dos gases do efeito estufa é das nações industrializadas pertencentes ao Anexo I, podendo investir em projetos verdes nas nações em desenvolvimento pertencentes ao Não Anexo I, e estes comercializam as reduções de emissões. A problemática do Protocolo é a falta de regulamentação de normas e metodologias eficientes e eficazes que descrevam bem a realidade de uma região para implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) dos países membros, como o Brasil (SANTOS; FERREIRA; SOTTA, 2017).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, criado para flexibilizar e cumprir as metas estabelecidas dará a base na concepção e elaboração dos projetos ecologicamente corretos. Por meios destes, os países industrializados podem ultrapassar seus limites de poluição, desde que adquiram certificados de redução de emissões de dióxido de carbono (CO₂) de outros países (LAZARO; GREMAUD, 2017). Mas é importante lembrar que as diretrizes deste mecanismo devem ser cumpridas, já que a meta é atingir o desenvolvimento sustentável e a consolidação de um mercado para negociar os Certificados de Reduções de Emissões de Gás Carbono (CRE's) que já está atualmente em operação BM&FBOVESPA.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo regulamenta as diretrizes e metodologias necessárias para os países mais industrializados (Anexo I) se beneficiem das metas de redução de emissão de carbono dos países em desenvolvimento (Parte não Anexo I). Essas reduções de emissões são quantificadas a partir de projetos de MDL que

são pré-requisitos na obtenção dos títulos de redução de emissão de dióxido de carbono (FIDES, 2009).

Dos inúmeros Projetos Verdes que vêm sendo desenvolvidos no Brasil e a nível mundial, o tratamento de dejetos bovinos é um dos que merece destaque, por ser uma atividade econômica de grandes proporções no mundo e por gerar grandes quantidades de dejetos, que podem poluir os mananciais e solos, liberando consequentemente altas concentrações de gás metano (CNH4) para atmosfera. A construção dos chamados biodigestores é a saída mais eficiente no tratamento destes tipos de efluentes, já que controlam as emissões de gás metano, a produção de adubo orgânico e biofertilizante, além disso, possuem baixo custo de instalação (ORRICO JUNIOR et al., 2012). De acordo com Bonfante (2010), o biogás produzido é rico em metano, e quando capturado e queimado, converte-se em CO₂, que possui menor potencial de aquecimento global. Esse processo reduz as emissões de gases do efeito estufa para a atmosfera e gera receita com a venda dos créditos de carbono.

Os biodigestores podem ser definidos como um conjunto de microrganismos que degradam compostos orgânicos presentes no resíduo até produzir metano e dióxido de carbono. Os nutrientes contidos nos dejetos garantem ainda a reprodução dos microrganismos que também produzirá biofertilizantes e adubo orgânico, além de produzir o biogás (ORRICO JUNIOR et al., 2012).

A tecnologia da biodigestão permite o aproveitamento integral do esterco animal. Com um manejo e uma instalação adequada, é possível integrar os biodigestores ao processo produtivo da criação do animal, proporcionando vários benefícios, dentre os quais podemos citar: saúde animal; produção de biogás e adubo orgânico. Os americanos estão adotando várias políticas de incentivo na produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis, entre elas, a instalação de biodigestores (VACHON, 2006).

Dos 235 projetos aprovados pela Comissão Interministerial de Mudança Global de Clima (CIMGC), foram os poucos os projetos encontrados para a fundamentação desta pesquisa, voltados para geração de créditos de carbono nas atividades da bovinocultura.

Segundo a definição de Duarte (2008), o crédito de carbono é o que autoriza o direito de poluir, ou seja, as agências reguladoras ambientais emitem certificados autorizando emissões de toneladas poluentes na atmosfera, entretanto, as empresas que terão prioridade são as que mais poluíram no país e a partir disso são estabelecidas as metas de redução da poluição.

É através do Conselho Executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que se verifica e emite as certificações de reduções de carbono, que devem ser monitorados tempo a tempo da seguinte forma: verificar se o plano de monitoramento das atividades está sendo cumprido; auditar os dados e informações a fim de averiguar as reduções; certificar a redução se está de acordo com o projeto e solicitar as certificações (FBB, 2010). É importante lembrar que os certificados de redução de emissão de carbono não constituem como um serviço e sim um título, que pode ser comprado para obter o direito de poluir.

Segundo Ferreira (2006) os projetos para sequestros de carbono podem ser divididos em três fases: A primeira trata dos investimentos no projeto, neste momento são contabilizados gastos com pré-operacionais, reconhecidos no ativo diferido. Após a finalização do projeto, o total deve ser

transferido para o Ativo Permanente; A segunda fase se inicia com o sequestro de carbonos seguindo todo mecanismo proposto pelo protocolo de Kyoto. Enquanto o certificado não emitido, há de se reconhecer o fato de que a empresa esteja prestando um serviço ambiental e deve ser reconhecido no ativo circulante. No caso do Brasil a negociação é feita na bolsa de valores e o valor deve ser reconhecido como custo de serviço. Quando tiver dúvidas sobre as possibilidades de emissões de certificados, a saída são as notas explicativas que deve conter quantidades de carbonos sequestradas, estágio de emissão e preço médio de carbono na data do período relatado; A terceira trata da venda do certificado: sua baixa deveria ser reconhecida pelo valor de custo de serviço de sequestros e a receita pelo valor da venda do título, obtendo-se o resultado da operação. As contas sugeridas são Receita de Venda de Certificados de Reduções de Emissões e Custo do Serviço de Sequestro de Carbono.

Acredita-se que o grande problema é mensurar o ativo e passivo ambiental por serem consideradas na contabilidade ambiental como variáveis intangíveis. A literatura mostra através de vários exemplos que o caminho para obter valores precisos das variáveis ambientais é necessário a utilização de técnicas de modelagem e monitoramento em campo. Assim objetivou-se mensurar os créditos de carbono (CO₂) da atividade bovinocultura brasileira utilizando um modelo parcimonioso, que tem como base projetos de desenvolvimento limpo (biodigestores) que levem em consideração as peculiaridades climáticas de uma determinada região do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho classifica-se como exploratório e descritivo, uma vez que envolve pesquisa bibliográfica, estudo de caso e ainda estabelece relações entre variáveis. As observações foram estabelecidas de forma direta, utilizando-se de instrumentos com a finalidade de obter dados.

No desenvolvimento da pesquisa optou-se pelo método hipotético-dedutivo. Em relação à abordagem dos métodos de investigação a pesquisa foi classificada como quantitativa.

Foram levantados inicialmente os principais modelos disponíveis para mensurar as emissões evitadas de carbono na atmosfera, levando em consideração a representação da dinâmica de cada região. Além disso, foi tomado como referência também o trabalho desenvolvido por Monteiro et al. (2015), que propuseram um modelo quantitativo para mensurar os créditos de carbono para suinocultura brasileira. Inferiu-se então a seguinte hipótese: “Será que os modelos desenvolvidos na literatura para calcular as reduções de emissões de carbono na atividade bovina, levam em consideração as peculiaridades de cada região?”. Com o intuito de averiguar se esta hipótese é verdadeira ou falsa, foi feito um estudo dos fatores e variáveis dos modelos disponíveis na literatura, se estes levavam em consideração as peculiaridades de cada região e, após análise, decidiu-se que seria interessante propor um novo modelo quantitativo que leve em consideração à variabilidade climática da região, como a temperatura local, entre outros, tornando a modelagem mais próxima da realidade, para em seguida realizar as simulações, a fim de verificar a eficiência e eficácia do modelo.

Com a coleta de dados, o próximo passo se dá pela validação do modelo. O motivo da escolha da atividade

bovina ocorreu pelo fato da grande quantidade de dejetos bovinos produzidos no Brasil, em comparação aos dejetos de caprinos, suínos, etc. Além disso, a escolha de diferentes estados em diferentes regiões brasileiras se deu porque os mesmos representam realidades climáticas diferentes (frio e quente) e, além disso, não foi possível encontrar dados de granjas bovinas que evidenciassem os dados e as informações necessárias para as aplicações dos modelos. Após a validação, o modelo proposto permitirá mensurar as reduções de emissões de carbono provenientes atividades bovinas, dando subsídios na elaboração de projetos menos intuitivos e que representam a realidade de cada região.

Após análise minuciosa na literatura, foi observada a utilização de vários modelos quantitativos em diferentes trabalhos para mensuração dos créditos de carbono, nos quais merecem destaques os propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU). Porém esses modelos são robustos, ou seja, requerem o monitoramento de várias variáveis, fugindo do princípio da parcimônia que é obter uma modelagem matemática com a menor quantidade de variáveis possíveis e que represente de forma eficiente a realidade. Deste modo, inicialmente foram tomados como base para construir o novo modelo matemático para bovinocultura brasileira, os dados da Tabela 1 que nos fornece a produção diária média da biomassa pelos ativos biológicos dos bovinos.

Tabela 1. Valores de conversão para o esterco bovino.

Origem do animal	Kg de esterco médio (dia. unidade geradora) ⁻¹	Kg de biogás (Kg de esterco ⁻¹)	Concentração de Metano
Bovinos	10,00	0,037	60%

Fonte: CENBIO (Centro Nacional de Referência em Biomassa). Adaptado por COLATTO E LANGER (2012).

Com a finalidade de detalhar o ativo biológico analisado, especificou-se a quantidade de esterco (matéria seca) produzida pelos ativos biológicos nas suas diferentes fases de maturação, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Estimativa do peso médio de esterco (matéria seca) para bovinos da América Latina

Categoria animal	Subpopulação	Esterco (Kg/h/dia em matéria seca)
Gado de leite	Média	3,16
	Machos adultos	3,12
Gado de corte	Fêmeas adultas	3,21
	Jovens	2,33

Fonte: IPCC (1996).

Foi considerado ainda que a produção de biogás cresce de forma proporcional à massa de dejetos colocada no biodigestor, obtendo conseqüentemente uma função linear. A equação obtida estima a quantidade de dióxido de carbono em toneladas por ano em função da quantidade de dejetos de um conjunto de animais. É importante destacar o fato de o Brasil ser um país com clima tropical o que o torna favorável a ciclos biológicos que promovem a degradação anaeróbia em diferentes temperaturas e pressões (COLATTO; LANGER, 2011). Por isso, é interessante levar em consideração na função obtida, as diferenças climáticas existentes entre as regiões brasileiras, pois estas influenciarão no resultado final dos projetos desenvolvidos em regiões diferentes, ou seja, o

produto de uma biodigestão no Sul do país tende a variar se comparado com uma região árida.

Portanto, foram levadas em consideração algumas dessas peculiaridades como fundamentais para serem analisadas no estudo. Primeiramente, foi estabelecido que a massa específica do biogás fosse calculada em toneladas, de modo que se tenha a quantidade de créditos de carbono obtidos através da produção do biogás originado da biodigestão dos resíduos bovinos, já que um crédito corresponde a 1 tonelada de dióxido de carbono.

Utilizando a função linear com a Equação 01 será obtido o modelo quantitativo parcimonioso considerando as diferenças climáticas das regiões do Brasil. Assim a correção do volume de biogás será feita pelas condições normais (CNTP) onde a pressão é 1atm. e a temperatura corrigida é 293,15 K com base no trabalho de Caetano (1985), onde se verifica o fator de compressibilidade (Z). Para tanto, SANTOS (1997) descreveu que a correção do volume de biogás segue a Equação 1 das leis de Boyle e Gay-Lussac.

$$\frac{V_0 * P_0}{T_0} = \frac{V_1 * P_1}{T_1} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: V0: volume de biogás nas CNTP; P0: pressão do biogás na CNTP, 10332,72 mm H2O; T0: temperatura corrigida do biogás, 293,15 K; V1: volume de biogás nas condições de leitura; P1: pressão de biogás no gasômetro, mm de água; T1: temperatura do biogás no instante da leitura, K.

Com intuito de validar o novo modelo, foi realizada uma comparação com modelo de Emissões de CH4 proposto pelas Nações Unidas (UNFCCC, 2010) conforme a Equação 2.

$$BE_{CH_4,y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * UF_b * \sum_{j,LT} MCF_j * B_{O,LT} * N_{LT,y} * VS_{LT,y} * MS\%_{Bl,j} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: BECH4,y: Emissões de metano da linha de base no ano y (tCO2e); GWPCH4: Potencial de Aquecimento Global (GWP) do CH4 (21); DCH4: Densidade do CH4 (0,00067 t/m³ em temperatura (20° C) e pressão de 1 atm.); UFb: Fator de correção do modelo para contabilizar as incertezas (0,94); LT: Índice para qualquer tipo de animais (frango, gado, suíno, ente outros); MCFJ: Fator de conversão de metano (MCF) anual para o sistema j de manejo dejetos animais da linha de

base. Os valores de parâmetro foram determinados para um sistema de manejo de dejetos específico, e foram obtidos a partir de valores padrão do IPCC; sendo que: J: Índice para o sistema de manejo de dejetos animais; BO,LT: Potencial máximo de produção de metano dos sólidos voláteis produzido por um tipo de animal LT (m³CH4/Kg VS); VSLT,y: Sólidos voláteis dos animais LT que entram no sistema de manejo de dejetos J no ano y (biomassa seca, kg MS/animal/ano); NLT,y: Número médio anual de animais do tipo LT no ano y (números); MS%Bl,j: Fração de biomassa tratada no sistema de manejo de dejetos animais da linha de base (100%).

Dessa forma, as emissões evitadas foram calculadas pela equação 3.

$$BEL_{CH_4,y} = 0,73 * BE_{CH_4,y} \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo: BELCH4, y: emissões evitadas em toneladas por ano.

Esse modelo AMS-III. D Versão 14, foi aprovado pela Convenção das Nações Unidas para bovinocultura, sendo possível estimar a quantidade em tonelada de gás carbono num determinado período. O modelo (BECH4,y) foi desenvolvido com o objetivo de estimar as quantidades de gases carbono que deixam de ser emitidas na atmosfera pela liberação de dejetos bovinos, de modo a contribuir com o efeito estufa.

Mas, como todo sistema, os biodigestores também podem apresentar falhas, e com isso sua eficiência não necessariamente atinge sua totalidade (100%). Por esse motivo, foi preciso levar em consideração as possíveis perdas de gases poluentes para a atmosfera, e como recomendado pela Fundação do Banco do Brasil (FBB) esse percentual gira em torno de 27%. Considerando essas perdas, o resultado nos deu as emissões evitadas líquidas de carbono em toneladas no ano (BELCH4,y) (FBB, 2010).

Como no Brasil não existem dados comprovados para usar o modelo recomendado, foram utilizadas as informações fornecidas pelo IPCC (Guidelines for National Inventories, 2010) para bovinocultura, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Dados fornecidos pelo IPCC (Guidelines for National Inventories) 1996 para projetos da bovinocultura.

Categori a animal	Subpopulação	Peso médio (kg)	Sólidos voláteis (Kg/h/dia)	B0 (m ³ CH4/kg VS)	D CH4(t/m ³)	UF	N em dias	MCF	MS (%)	GWP CH4
Gado de leite	Média	400	2,91	0,13	0,00067	0,94	365	0,78	100	21
Gado de corte	Machos adultos	450	2,87	0,13	0,00067	0,94	365	0,78	100	21
	Fêmeas adultas	400	2,95	0,13	0,00067	0,94	365	0,78	100	21
	Jovens	200	2,14	0,13	0,00067	0,94	365	0,78	100	21

Fonte: IPCC (1996). ADAPTADO para pesquisa (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelo quantitativo proposto

O novo modelo quantitativo para estimar os créditos de carbono da bovinocultura brasileira foi obtido utilizando os métodos de regressão linear simples e modelo físico dos gases ideais das leis de Boyle e Gay-Lussac que na qual permitiu levar em consideração a temperatura e pressão média do local. Assim, foi obtido como resultado a equação 4 considerando as características climáticas de uma determinada região.

Analisando e comparando o novo modelo obtido representado pela Equação 4 com a metodologia matemática proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU) é notório que a nova proposta incorpora o princípio da parcimônia, já que utiliza somente três variáveis de decisão, sendo que duas delas estão relacionadas com as condições climáticas da região.

$$M_0 = 49,88 * \frac{Q_e * P_1}{T_1} \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo: M0: a quantidade de dióxido de carbono em toneladas por ano; Qe: quantidade de dejetos produzidos por um

conjunto de bovinos em Kg; P1: pressão média atmosférica do local em atm; T1: temperatura média do local.

Caracterização dos Estados

Um dos Estados escolhidos foi à Paraíba, que fica localizada no Leste da Região Nordeste, sua área é de aproximadamente 56 469,778 km², e está dividido em 4 mesorregiões e 23 microrregiões, divididos em 223 municípios. A Paraíba possui um clima quente, com temperaturas elevadas durante todo o ano, e variado conforme o relevo local, suas temperaturas médias anuais ficam em torno de 24°C com uma pressão média anual de 0,998766346 atm. (IBGE, 2010).

A bovinocultura é uma das atividades pecuárias mais praticadas na Paraíba, entretanto também é uma das mais que sofrem com o longo período de estiagem. A população estimada de bovinos da Paraíba entre os anos de 1996 a 2005 pode ser vista na tabela 4.

Tabela 4. Ativos Biológicos (Bovinos) da Paraíba.

Categorias/anos	Gado			
	Leiteiro	de corte Macho	de corte Fêmea	de corte Jovem
1996	247.931	169.088	211.360	676.351
1997	243.368	169.543	211.928	678.171
1998	168.500	121.601	152.002	486.405
1999	166.418	115.189	143.986	460.755
2000	176.368	124.226	155.282	496.903
2001	171.094	119.547	149.433	478.188
2002	177.524	123.868	154.835	495.471
2003	174.617	124.200	155.250	496.799
2004	181.655	130.967	163.709	523.868
2005	192.962	137.544	171.930	550.177

Fonte: Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (2010). ADAPTADO para pesquisa (2017).

O outro Estado trabalhado foi o Rio Grande do Sul, que fica localizado na Região Sul, sua área total é de aproximadamente 281.730,223 Km². O clima é subtropical, com baixas temperaturas durante todo o ano, suas temperaturas médias anuais ficam entre 18°C a 19°C e com pressão média anual em torno de 1,00370096 atm. (IBGE, 2010).

A criação de gado bovino no Rio Grande do Sul é uma das maiores do país, e é considerada uma das principais atividades econômicas do estado, a população estimada de bovinos nesse Estado entre os anos de 1996 a 2005 pode ser visualizada a partir da tabela 5.

Tabela 5. Ativos Biológicos (Bovinos) do Rio Grande do Sul.

Categori as/anos	Gado			
	Leiteiro	de corte Macho	de corte Fêmea	de corte Jovem
1996	1.030.826	1.365.351	4.964.912	6.082.018
1997	1.101.230	1.382.544	5.027.434	6.158.606
1998	1.105.208	1.390.171	5.055.169	6.192.582
1999	1.117.033	1.380.155	5.018.744	6.147.961
2000	1.164.912	1.367.970	4.974.435	6.093.683
2001	1.204.371	1.393.397	5.066.897	6.206.949
2002	1.186.301	1.450.332	5.273.935	6.460.570
2003	1.182.358	1.473.934	5.359.760	6.565.705
2004	1.202.187	1.481.428	5.387.010	6.599.088
2005	1.203.601	1.433.994	5.214.522	6.387.789

Fonte: Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (2010). ADAPTADO para pesquisa (2017).

Ressalva-se que a utilização dos dados estimados para as populações de bovinos da Paraíba e do Rio Grande do Sul entre os anos de 1996 a 2005 se justificam por serem os últimos divulgados pelo Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (2010), o que demonstra a impossibilidade da pesquisa ter utilizado dados mais recentes.

Mensuração dos créditos de carbono

Este estudo buscou estimar através da metodologia sugerida pelo mecanismo de desenvolvimento limpo a quantidade de gases evitados em toneladas por ano a partir dos ativos biológicos circulantes e não circulantes dos Estados relacionados. Conforme adaptadas as informações fornecidas na Tabela 4 e utilizado o modelo recomendado pelas Equações 02 e 03 foram calculadas as emissões evitadas de dióxido de carbono líquidas (BEL) no exercício de 1996 a 2005 para o Estado da Paraíba e para o Estado do Rio Grande do Sul.

Em análise dos resultados obtidos entre o modelo aprovado pela ONU e o modelo proposto, mostrando através dos resultados obtidos as quantidades de emissões de carbono evitadas, emissões essas que podem ser transformadas em créditos de carbono, passíveis de negociações nas Bolas de Valores. Os resultados podem ser contabilizados e evidenciados como receitas para empresas que desenvolvem projetos sustentáveis, como também pode gerar receita através da venda do biogás e do biofertilizante.

As Tabelas 6 e 7 mostram os resultados das emissões evitadas de gás carbono (BEL) obtidos através do modelo aprovado pela Convenção das Nações Unidas para bovinocultura, para isso foram utilizados os ativos biológicos descritos anteriormente para o Estado da Paraíba e para o Estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 1996 a 2005.

Tabela 6. Estimação das Emissões para Atmosfera (Paraíba).

Categori as/anos	BEL em tCO ₂ /ano (evitado)			
	Gado Leiteiro	Gado de corte Macho	Gado de corte Fêmea	Gado de corte Jovem
1996	257.810	133.391	171.286	397.848
1997	253.065	133.750	171.847	398.919
1998	175.214	95.929	123.255	286.117
1999	173.049	90.870	116.755	271.029
2000	183.396	98.000	125.914	292.292
2001	177.911	94.309	121.171	281.284
2002	184.597	97.717	125.551	291.450
2003	181.574	97.979	125.888	292.231
2004	188.893	103.318	132.748	308.154
2005	200.651	108.506	139.414	323.629

A tabela 6 mostra uma estimativa da quantidade de toneladas de CO₂ evitadas para o estado da Paraíba, por categoria do animal bovino, cada tonelada deixada de ser emitida gera um crédito de carbono, que depois de devidamente certificado, poderá ser comercializado na Bolsa de Valores.

A tabela 7 mostra uma proporção maior de créditos de carbono gerados em comparação com a tabela 6, isso é justificado pela maior produção de esterco e pela maior quantidade de animais presentes na região sul do país onde a cultura da criação de bovinos é mais diversificada.

Tabela 7. Estimação das Emissões para Atmosfera (Rio Grande do Sul).

BEL em tCO ₂ /ano (evitado)				
Categori as/anos	Gado Leiteiro	Gado de corte Macho	Gado de corte Fêmea	Gado de corte Jovem
1996	1.071.899	1.077.105	4.025.925	3.577.616
1997	1.145.109	1.090.670	4.076.624	3.622.667
1998	1.149.245	1.096.686	4.099.113	3.642.652
1999	1.161.540	1.088.785	4.069.578	3.616.406
2000	1.211.328	1.079.172	4.033.648	3.584.478
2001	1.252.359	1.099.231	4.108.624	3.651.104
2002	1.233.569	1.144.146	4.276.506	3.800.291
2003	1.229.469	1.162.766	4.346.099	3.862.134
2004	1.250.087	1.168.677	4.368.195	3.881.771
2005	1.251.559	1.131.258	4.228.329	3.757.479

Conforme foi proposto, utilizaremos o novo modelo para mensuração das emissões evitadas de gás carbônico para os dois Estados, as quais serão apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 8. Estimação de CO₂ Evitadas no Estado da Paraíba.

BEL em tCO ₂ /ano (evitado)				
Categori as/anos	Gado Leiteiro	Gado de corte Macho	Gado de corte Fêmea	Gado de corte Jovem
1996	131.196	88.342	113.613	263.895
1997	128.782	88.580	113.919	264.605
1998	89.164	63.532	81.706	189.783
1999	88.062	60.182	77.397	179.775
2000	93.328	64.904	83.470	193.879
2001	90.537	62.459	80.326	186.577
2002	93.939	64.717	83.230	193.320
2003	92.402	64.890	83.453	193.838
2004	96.125	68.426	88.000	204.400
2005	102.109	71.863	92.419	214.665

Analisando a Tabela 8 observa-se que a quantidade de CO₂ evitada calculada pelo novo modelo ficou pouco próxima da quantidade estimada pelo modelo das Nações Unidas, esta diferença se dá provavelmente, porque o novo modelo considera as peculiaridades climáticas de cada região e usa como dado de entrada a quantidade de esterco médio produzido por dia. Assim é recomendado, que para utilizar o novo modelo seria interessante fazer uma pesquisa minuciosa através de técnicas de monitoramento para saber qual seria a produção diária de esterco nas diferentes fases de vida do bovino.

Tabela 9. Estimação de CO₂ Evitadas no Estado do Rio Grande do Sul.

BEL em tCO ₂ /ano (evitado)				
Categori as/anos	Gado Leiteiro	Gado de corte Macho	Gado de corte Fêmea	Gado de corte Jovem
1996	558.496	730.377	2.732.527	2.429.694
1997	596.641	739.574	2.766.937	2.460.290
1998	598.796	743.654	2.782.202	2.473.863
1999	605.203	738.296	2.762.155	2.456.037
2000	631.144	731.778	2.737.769	2.434.354
2001	652.522	745.379	2.788.657	2.479.602
2002	642.732	775.836	2.902.604	2.580.921
2003	640.596	788.462	2.949.839	2.622.921
2004	651.339	792.470	2.964.836	2.636.257
2005	652.105	767.096	2.869.905	2.551.846

Assim como a tabela 8 a tabela 9 mostra a pouca aproximação entre as quantidades estimadas por cada modelo, sendo que o novo modelo desenvolvido chega mais próximo da realidade, por considerar as características climáticas de cada região trabalhada e por ser um modelo mais parcimonioso.

Com isso, percebe-se que os resultados do modelo desenvolvido irão ser influenciados diretamente pelas quantidades de esterco produzidas diariamente pelos bovinos, que serão ajustados as condições locais quando consideramos a temperatura e pressão local. A eficiência deste modelo desenvolvido poderá ser comprovada quando comparado com os resultados do modelo AMS-III aprovado pela Convenção das Nações Unidas para a produção de carne e leite, já que utiliza somente 3 variáveis de decisão e de fácil mensuração representando bem a realidade, uma vez que leva em consideração as diferenças climáticas de cada região.

Análise da precisão do modelo

Para análise da precisão do modelo desenvolvido, primeiramente foram pesquisados dados referentes à realidade brasileira que demonstram a quantidade média de biogás produzida a partir de 1 Kg de esterco bovino com concentração média de 60% de CH₄, esses dados podem ser observados na tabela 10.

Tabela 10. Quantidade média de biogás produzida a partir do esterco bovino.

Fonte	Kg biogás/K g de esterco	Concentração de CH ₄	GWPC H4	N em dias
FCAV Unesp de Jaboticabal	0,04	60%	21	365
CENBIO. Adaptado por COLATTO E LANGER.	0,037	60%	21	365
EMBRAPA Machado (2011)	0,036	60%	21	365
Machado (2011)	0,038	60%	21	365

Fonte: FCAV Unesp de Jaboticabal; CENBIO. Adaptado por COLATTO E LANGER; EMBRAPA; Machado (2011). ADAPTADO para pesquisa (2017).

A partir da tabela 10 foram calculadas as quantidades de CO₂ produzidas de acordo com esses dados e posteriormente comparadas com as quantidades geradas pelo modelo desenvolvido na pesquisa e pelo modelo AMS-III, para a correta comparação entre os resultados foram utilizados os mesmos dados de entrada, de 1 Kg de esterco de apenas um animal bovino, para o modelo AMS-III foi utilizado o teor de sólido volátil pertinente a 1 kg de esterco bovino. As quantidades de CO₂ geradas são apresentadas em toneladas por ano e podem ser observadas na tabela 11.

Tabela 11. Quantidade de CO₂ produzida em toneladas por ano.

Fonte	Quantidade de CO ₂ t/ano
Modelo AMS – III	0,3216
Modelo Desenvolvido	0,1714
FCAV Unesp de Jaboticabal	0,1839
CENBIO. Adaptado por COLATTO E LANGER.	0,1701
EMBRAPA Machado (2011)	0,1655
Machado (2011)	0,1747

Analisando a tabela 11 observa-se que o modelo que se aproxima da realidade brasileira é o modelo desenvolvido nesta pesquisa, comprovando assim que o modelo AMS-III aprovado pela Convenção das Nações Unidas para bovinocultura não representa fielmente a realidade, gerando assim uma informação distorcida e que não poderá ser considerada num eventual processo decisório.

CONCLUSÕES

A aplicação dos modelos em dois Estados brasileiros, Paraíba e Rio Grande do Sul, a partir dos ativos biológicos desses Estados com as quantidades estimadas de CO₂ e os créditos de carbono gerados nos modelo AMS- III e modelo desenvolvido, sendo que o modelo proposto é o mais próximo da realidade já que esse leva em consideração as peculiaridades climáticas das regiões citadas, além de ser um modelo mais parcimonioso, pois utiliza menor quantidade de variáveis de decisão quando comparado com o modelo AMS-III.

A mensuração e contabilização dos créditos de carbono atendem os requisitos contábeis de gerar uma informação o mais próximo possível da realidade auxiliando na consolidação de um balanço ambiental eficiente, sendo uma orientação mundial das empresas na busca pela sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- BAUNGRATZ, K. L.; OLIVEIRA, J. B.; SLOGO, N.; FRIGO, E. P.; ZANON, E. Produção de biogás a partir de biomassa residual. UFPR – Universidade Federal do Paraná – Campus Palotina. Acta Iguazu, v.2, n.3, p.30-39, 2013.
- BONFANTE, T. M. Análise da viabilidade econômica de projetos que visam à instalação de biodigestores para o tratamento de resíduos da suinocultura sob as ópticas do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e da geração de energia. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.
- CAETANO, L. Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 75 p. 1985.
- COLATTO, L.; LANGER, M. Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia. Unoesc & Ciência – ACET, v.2, n.2, p.119-128, 2011.
- DUARTE, P.; O que é crédito de carbono; Revista eletrônica sobre meio ambiente; 2008. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/o-que-e-credito-de-carbono/9273/>>
- EMBRAPA. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência. Emissões de Metano por Fermentação Entérica e Manejo de Dejetos de Animais. Ministério da Ciência e Tecnologia. 2010. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/inventario-gee-sp/files/2014/04/brasil_mcti_residuos.pdf>.
- FAUR, A. R.; MACHADO, V. S.; FERNANDES, L. P.; MONTEIRO, P. R. A.; FERREIRA, A. C. S. Balanço Social Relatório de Desempenho Social? Análise dos Setores Petroquímicos e Elétrico no Rio de Janeiro. Revista Pensar, v.6; n.25, 2004.
- FUNDAÇÃO DO BANCO DO BRASIL (FBB). Guia para a Elaboração de Projetos de MDL com Geração de Trabalho e Renda. 2010.
- FERREIRA, A. C. S. Contabilidade Ambiental: uma informação para o desenvolvimento sustentável – inclui certificados de carbono. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- FIDES; O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; guia de orientação; Rio de Janeiro. Apoio: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2009.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>>.
- IPCC, Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2007.
- LAZARO, L. L. B.; GREMAUD, A. P. Contribuição para o desenvolvimento sustentável dos projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo na América Latina. Revista Organizações e Sociedade, v. 24, n. 80, p. 53-72, 2017.
- MARTINE, G. População, meio ambiente e desenvolvimento: verdades e contradições. Campinas, Ed. da UNICAMP, pp. 21-41, 1993b.
- MACHADO, C. R. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar. 53 p. Botucatu, Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, 2011.
- MONTEIRO, M. K. D.; VIEIRA, A. S.; ARAGÃO, J. M. C.; SOARES, J. F. Proposta de um Modelo Matemático para Mensuração dos Créditos de Carbono da Suinocultura Brasileira; Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 9, n. 1, p. 82-96, 2015.
- NASIR, I. M.; GHAZI, T. I. M.; OMAR, R. Production of biogas from solid organic wastes through anaerobic digestion: a review; Appl Microbiol Biotechnol; 95:321–329; Springer-Verlag, 2012.
- OLIVEIRA, A. P. Potencial de produção e utilização de biogás na avicultura comercial. In: Encontro de avicultores do Estado de São Paulo. Jornada Técnica. Anais do Sindicato Rural de Bastos, Bastos, 2001. p. 16-28.

- ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; JUNIOR, J. L.; SAMPAIO, A. A. M.; FERNANDES, A. R. M.; OLIVEIRA, E. A. Biodigestão anaeróbia dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta; *Revista Brasileira de Zootecnia*; v.41, n.6, p.1533-1538, 2012.
- SANTOS, T. M. B. Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 95 p. 1997.
- SANTOS, V.; BEUREN, I. M.; RAUSCH, R. B. Evidenciação das operações com créditos de carbono nos relatórios da administração e nas notas explicativas. *REGE Revista de Gestão*, v.18, n.1, p. 53-73, 2011.
- SANTOS, K. P. C.; FERREIRA, J. F. C.; SOTTA, E. D. Os créditos de carbono no Estado do Amapá, Brasil: uma abordagem preliminar. *PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP.*, v. 10, n. 1, p. 109-121, 2017.
- TASSO, C. C.; NASCIMENTO, E. Q. Protocolo de Quioto – Análise dos Aspectos Contábeis do Mercado de Carbono. 3º Simpósio FUCAPE de Produção Científica; São Paulo, 2005.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate. Change. “AMS–III.D.Methane recovery in animal manure management systems – Version 16. 2010.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication. S. l.: Unep, 2011.
- VACHON, S. The role of social, political, and economic interests in promoting state reen electricity policie. *Environmental Science & Policy*. v. 9, n. 7-8, p. 652-662, 2006.
- WORLD, B. World Economic Outlook 2008: chapter4: Climate change and the global economy. 2008.
- ZANETTE, A. L. Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, 2009.