

# PRODUÇÃO ANIMAL E O MEIO AMBIENTE: UMA COMPARAÇÃO ENTRE POTENCIAL DE EMISSÃO DE METANO DOS DEJETOS E A QUANTIDADE DE ALIMENTO PRODUZIDO

MARCO A. P. ORRICO JÚNIOR<sup>1</sup>, ANA C. A. ORRICO<sup>2</sup>, JORGE DE LUCAS JÚNIOR<sup>3</sup>

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi efetuar a comparação das principais espécies de interesse agropecuário, em relação à eficiência de conversão das dietas em produtos de origem animal (carne ou ovo), produção de resíduo e potencial de emissão de metano, a partir da fermentação dos resíduos. Para isso, foram selecionadas cinco espécies de animais durante a fase de produção: 1) suínos, do nascimento ao abate (peso vivo (PV) final de 90 kg) ; 2) bovinos, do desmame ao abate (PV: 520 kg); 3) caprinos, do desmame ao abate (PV: 30 kg); 4) aves, durante toda a fase de postura (14,7 kg de ovos); 5) frango de corte, do nascimento ao abate (PV: 3,1 kg). Para a estimativa dos parâmetros propostos, foram medidos os dados do desempenho e efetuou-se a biodigestão anaeróbia dos dejetos produzidos pelos animais. De maneira geral, os dejetos dos ruminantes apresentaram altas concentrações de fibra e baixos potenciais de produção de biogás; no entanto, o menor desempenho destes animais na conversão do alimento em produto e a maior produção de dejetos fizeram com que eles apresentassem maiores produções de metano por kg de alimento produzido.

**PALAVRAS-CHAVE:** conversão alimentar, coeficiente de resíduo, resíduos.

## ANIMAL PRODUCTION AND ENVIRONMENT: A COMPARISON BETWEEN POTENTIAL OF METHANE EMISSION FROM WASTE AND QUANTITY OF PRODUCED FOOD

**ABSTRACT:** The aim of this study was to compare the main species of husbandry interest, in relation to the efficiency of food conversion into animal origin products (meat and egg), residue production and potential of methane emission from residue fermentation. This way, five species of animal during production phase were selected: 1) pigs, from birth to slaughter (final live weight (LW) of 90 kg); 2) cattle, from weaning to slaughter (LW: 520 kg); 3) goat, from weaning to slaughter (LW: 30 kg); 4) poultry, during the complete phase of laying (14.7 kg of eggs); 5) broiler, from birth to slaughter (LW: 3.1 Kg). For estimating proposed parameters, data of performance were measured and anaerobic digestion of produced waste by animals was done. In a general way, ruminant waste showed height concentration of fiber and low potential of biogas production, although the lower performance of those animals in the conversion of food into the product and increased production of waste, made that those animals showed greater production of methane per kg of produced food.

**KEYWORDS:** food conversion, residue coefficient, waste.

## INTRODUÇÃO

Com a intensificação dos sistemas de produção animal, a questão de qual deve ser o destino dos rejeitos da atividade acabou tornando-se ponto central de discussões de praticamente toda a cadeia produtiva, tanto em âmbito nacional como internacional (RIBEIRO et al., 2007). No passado, os resíduos não eram considerados componentes do sistema produtivo, desta forma acabaram tornando-se uma importante fonte de poluição, principalmente quando despejados diretamente nos corpos d'água (GÜNGÖR - DEMIRCI & DEMIRER, 2004; ANGONESE et al., 2006; DEMIRER & CHEN, 2005).

<sup>1</sup> Doutorando em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP-Câmpus de Jaboticabal - SP, marcoorrico@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Profa. Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados - MS, anaorrico@ufgd.edu.br.

<sup>3</sup> Prof. Titular, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP- Câmpus de Jaboticabal - SP, jlucas@fcav.unesp.br.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 30-9-2009

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 2-3-2011

Com o passar do tempo, os produtores passaram a reconhecer a importância de tratar ou, pelo menos, armazenar os dejetos produzidos para posterior uso como adubo orgânico em áreas agrícolas. Uma das formas encontradas por muitos produtores foi o uso de lagoas de estabilização para armazenar e tratar os efluentes da atividade. O emprego das lagoas de estabilização consagrou-se no tratamento de efluente, pois além do baixo custo de implantação e manutenção, mostra-se muito eficaz na remoção da matéria orgânica (DIAS et al., 2006).

O uso deste sistema acabou reduzindo a poluição do solo e da água causada pelos efluentes rurais. No entanto, este sistema apresenta uma desvantagem, que é a emissão de metano para a atmosfera, uma das principais preocupações da atualidade, uma vez que este gás é um dos principais causadores do aquecimento global (UNFCCC, 2006).

Segundo a UNFCCC (2006), 20% das emissões de metano e dióxido de carbono ocorrem devido às diversas atividades agrícolas, dentre as quais, as principais são: a produção de arroz inundado, manejo incorreto do solo, produção de ruminantes (emissão de metano devido à fermentação do alimento no rúmem) e pela fermentação dos dejetos animais. Dentre estas diversas atividades, o manejo correto dos dejetos pode trazer benefícios, tanto para o meio ambiente como para melhorar a renda das unidades produtoras de animais, visto que o metano pode ser utilizado como fonte de energia alternativa aos combustíveis fósseis, que oneram o custo de produção e impactam o meio ambiente.

O uso de biodigestores nos sistemas de produção animal é vistos como uma ferramenta importante, pois estes promovem o tratamento do resíduo e retornam parte da energia que seria perdida, de volta ao sistema produtivo, através da queima do gás (SILVA et al., 2005; ORRICO et al., 2007; SANTOS et al., 2007). Segundo SANTOS & LUCAS JÚNIOR (2004), todo processo de produção gera resíduo e todo resíduo armazena alguma energia, e os sistemas de produção podem reverter esse resíduo em energia, baratear seu custo de produção e funcionar de forma energeticamente equilibrada.

Vários fatores podem interferir sobre a produção de metano dos dejetos, mas, sem dúvida nenhuma, a qualidade dos sólidos voláteis contidos nos dejetos é o principal fator. Segundo MOLLER et al. (2004), a produção de metano é dependente da composição química dos compostos orgânicos (carboidratos, lipídios e proteínas) contidos nas fezes, urina, palhas e camas, que podem fazer parte do resíduo total. Segundo os autores, há uma grande variação na composição dos resíduos de origem animal devido a inúmeros fatores, como: a espécie e categoria animal, dieta, uso de cama e a taxa de degradação dos resíduos.

Ao comparar o impacto ambiental dos resíduos das diversas espécies de interesse econômico, muitas vezes só é levado em consideração o potencial poluidor da atividade, deixando de lado a quantidade de produto gerado por esta atividade. Esta comparação simplista acaba prejudicando ou até mesmo criando um estereótipo de atividade ambientalmente predatória. No entanto quando se faz a relação quantidade de resíduo por quilo de produto gerado, a comparação torna-se mais justa e eficiente, permitindo uma análise mais realista das atividades que poluem mais.

Com base no exposto, o objetivo do trabalho foi comparar as principais espécies de interesse agropecuário, no que diz respeito à eficiência de converter alimento em produto animal, produção de resíduo e potencial de emissão de metano de seus resíduos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Biodigestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural, com os animais e dejetos dos setores de Suinocultura, Avicultura, Bovinocultura e Caprinocultura, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP- Câmpus de Jaboticabal-SP.

Neste trabalho, foram selecionadas cinco espécies de animais durante a fase de produção de carne ou ovos, sendo que, durante este período, estimaram-se as quantidades de dejetos produzidas e foram recolhidas amostras destes resíduos para avaliação:

1 - Suínos: animais avaliados desde o nascimento até o momento do abate, considerando-se os dados para as estimativas propostas com base no peso vivo final de 90 kg. Para obtenção dos dejetos (fezes + urina), efetuou-se a raspagem do piso das baias, sem a adição de água.

2 - Bovinos: avaliados desde o desmame até o abate, em sistema confinado; considerando-se os dados para as estimativas propostas com base no peso vivo final de 520 kg. Para obtenção dos dejetos efetuou-se a raspagem do piso das baias, sem a adição de água;

3 - Caprinos: avaliados desde o desmame até o abate, em sistema confinado, considerando-se os dados para as estimativas propostas com base no peso vivo final de 30 kg. Para a obtenção dos dejetos, efetuou-se a raspagem do piso das baias, sem a adição de água.

4 - Aves de postura: avaliadas durante toda a fase de postura, sendo considerada a produção de ovos durante este período, totalizando assim 14,7 kg. Para a coleta dos dejetos, efetuou-se a raspagem do piso abaixo das gaiolas, sem a adição de água.

5 - Frango de corte: durante todo o ciclo de criação, considerando-se assim o peso vivo final de 3,1 kg por ave. Os dejetos foram coletados juntamente com o material absorvente utilizado no piso, caracterizando assim a cama de frango.

Simultaneamente com as coletas dos dejetos, foram efetuadas as mensurações de consumo das dietas e avaliado o desempenho animal (kg de carne ou de ovos) para que fosse possível calcular a conversão alimentar, os coeficientes de resíduo e o potencial de produção de metano por kg de produto final. Cada espécie animal recebeu uma dieta compatível com sua categoria animal em termos quantitativos e qualitativos, baseada nos requerimentos recomendados pelos comitês de nutrição de cada espécie (NRC, 1994; NRC 1985, NRC 1996, NRC 1998).

Para avaliar o potencial de produção de metano dos dejetos, foram utilizados biodigestores do tipo batelada de bancada (Figura 1), constituídos, basicamente, por três cilindros retos de PVC com diâmetros de 20; 25 e 30 cm, acoplados sobre uma placa de PVC com 2,5 cm de espessura e capacidade média de 12 litros de substrato em fermentação, cada. Os cilindros de 20 e 30 cm encontram-se inseridos um no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior comporta um volume de água (“selo de água”), atingindo profundidade de 50 cm. O cilindro de diâmetro intermediário tem uma das extremidades vedadas, conservando-se apenas uma abertura para descarga do biogás, e está emborcado no selo de água, para propiciar condições anaeróbias e armazenar o gás produzido. As produções de biogás foram observadas diariamente, e a sua qualidade avaliada (teor de  $\text{CH}_4$ ) semanalmente, durante todo o período em que os biodigestores apresentaram produção de biogás.

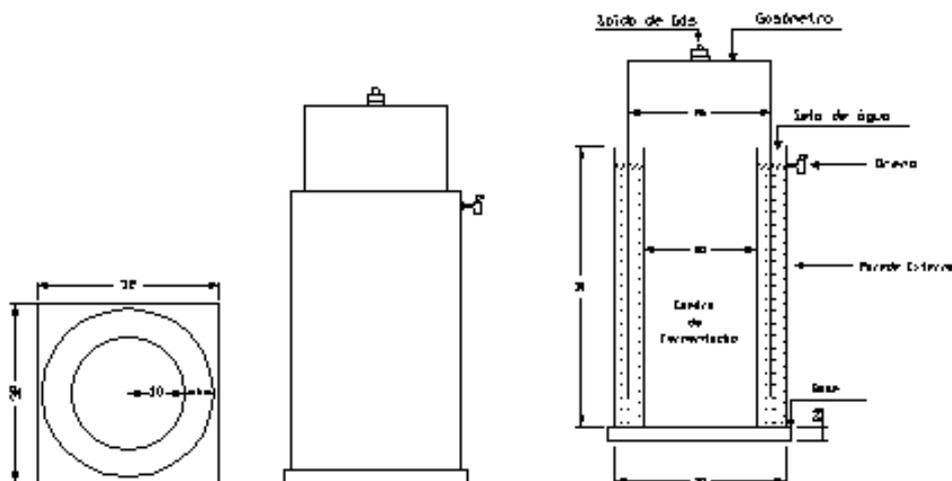


FIGURA 1. Planta baixa, vista lateral e corte transversal dos biodigestores de bancada (medidas em cm). **Ground plan, elevation and sections of bench digesters (measure in cm).**

Foram utilizados 25 biodigestores, sendo utilizados cinco biodigestores para o resíduo gerado por cada espécie. A quantidade de inóculo foi fixa e representou 15% da massa seca utilizada no abastecimento dos biodigestores, sendo que o inóculo foi obtido a partir do efluente de biodigestores estabilizados. Os teores iniciais de sólidos totais nos substratos foram ajustados para 5%.

As amostras dos dejetos utilizados no abastecimento dos biodigestores foram pré-secas a 60 °C, em estufa de circulação forçada de ar, por 48 horas, com a finalidade de evitar perdas, especialmente de N. Após esta secagem, foram finamente moídas, em moinho de facas, com peneira de 1 mm e encaminhadas para a determinação das diferentes frações de nutrientes no dejetos. A determinação da matéria seca (MS), cinzas, matéria orgânica ou sólidos voláteis (SV), fibra em detergente neutro (FDN), lipídios e lignina foi realizada conforme metodologia proposta por SILVA & QUEIROZ (2006).

As análises da composição do biogás foram feitas em um cromatógrafo de fase gasosa Finigan GC-2001, equipado com as colunas Porapak Q e Peneira Molecular, e detector de condutividade térmica, seguindo a metodologia descrita por STEIL (2001).

Os cálculos referentes ao potencial máximo teórico de produção de metano ( $B_u$ ), carboidrato de rápida degradação ( $CHO_R$ ) e carboidratos de lenta degradação ( $CHO_L$ ) e excreção de SV foram feitos de acordo com as equações propostas por MOLLER et al. (2004):

$$B_u = \frac{\left(\frac{n}{2} + \frac{a}{8} - \frac{b}{4}\right) 22,4}{(12n + a + 16b)} \text{ l CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ SV} \quad (1)$$

em que,

$B_u$  - potencial máximo teórico de produção de metano;

N - número de átomos de carbono;

a - número de átomos de hidrogênio, e

b - número de átomos de oxigênio.

$$CHO_L = \text{FDN} - \text{Lignina} \quad (2)$$

em que,

$CHO_L$  - carboidrato de lenta degradação, e

FDN - fibra em detergente neutro.

$$CHO_R = 100 - \text{FDN} - \text{Lipídio} - \text{Proteína} - CHO_L \quad (3)$$

em que,

$CHO_R$  - carboidrato de rápida degradação;

FDN - fibra em detergente neutro, e

$CHO_L$  - carboidrato de lenta degradação.

$$SV_{\text{Excreção}} = \text{IMS} \left( \frac{100 - \text{digestibilidade}}{100} \right) \left( \frac{100 - \text{Cinzas}}{100} \right) \quad (4)$$

em que,

$SV_{\text{excreção}}$  - excreção de sólidos voláteis, e

IMS - ingestão de matéria seca.

Os autores consideram que a estimativa da produção máxima de metano depende da composição total de  $C_nH_aO_b$  dos SVs dos dejetos utilizados, a qual vai depender do teor de carboidrato, proteína e lipídio presente no resíduo. Com os dados dos teores de cada nutriente e assumindo que a composição química média dos lipídios, proteínas e carboidratos presentes nos dejetos apresentam fórmula

$C_{57}H_{104}O_6$ ;  $C_5H_7O_2N$ ;  $C_6H_{10}O_5$ , respectivamente, é possível calcular o  $B_u$  [eq.(1)]. Os coeficientes de digestibilidade utilizados no cálculo da excreção de SV do trabalho foram os preconizados pelo NRC de cada espécie avaliada.

Os volumes de biogás produzidos diariamente foram determinados medindo-se o deslocamento vertical dos gasômetros e multiplicando-se pela área da seção transversal interna dos gasômetros, ou seja,  $0,0507 \text{ m}^2$ . Após cada leitura, os gasômetros foram zerados, utilizando-se do registro de descarga do biogás. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e  $20^\circ\text{C}$  foi efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985). O potencial de produção de metano observado ( $B_o$ ) foi calculado utilizando-se dos dados de produção diária, o teor de metano no biogás e a quantidade de SV adicionada durante o processo de biodigestão anaeróbia [eq.(5)].

$$B_o = \frac{L_{\text{biogás}} \times \left( \frac{\%CH_4}{100} \right)}{\text{kg SV}_{\text{adicionado}}} \quad (5)$$

A conversão alimentar (CA) foi calculada como sendo o total ingerido de matéria seca (IMS) durante o experimento, dividido pelo ganho de peso total, no caso dos animais produtores de carne, e por kg de ovos, no caso das aves de postura (eq. 6).

$$CA = \frac{IMS}{\text{kg}_{\text{Produto}}} \quad (6)$$

Os coeficientes de resíduos (CR1 e CR2) foram calculados como sendo o total de produto (produção de carne ou ovos) pela produção de ST dos resíduos (CR1) ou pela produção de SV dos resíduos (CR2) (eq.7 e 8).

$$CR1 = \frac{\text{kg}_{\text{Produto}}}{\text{kg MS}_{\text{Resíduo}}} \quad (7)$$

$$CR2 = \frac{\text{kg}_{\text{Produto}}}{\text{kg SV}_{\text{Resíduo}}} \quad (8)$$

A biodegradabilidade dos resíduos foi calculada como sendo o potencial de produção de metano ( $B_o$ ) pelo potencial máximo teórico de produção de metano ( $B_u$ ) [eq.(9)]:

$$\text{Biod.} = \frac{B_o}{B_u} \quad (9)$$

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si, pelo teste "T", a 5% de probabilidade. Os resultados das variáveis obtidas foram submetidos à análise de variância, utilizando o procedimento GLM (SAS, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características químicas dos diferentes dejetos avaliados no experimento estão apresentadas na Tabela 1 e Figura 2. A matéria seca dos dejetos foi dividida em duas frações: a orgânica, que é representada pelos sólidos voláteis (SV), e a inorgânica, que é representada pelas cinzas. Os sólidos voláteis, por sua vez, foram divididos em cinco grupos principais: os lipídios, as proteínas, os carboidratos rapidamente degradados ( $CHO_R$ ), os carboidratos lentamente degradados ( $CHO_L$ ) e a lignina (não degradável em meio anaeróbio).

TABELA 1. Características químicas dos diferentes dejetos avaliados no experimento. **Chemical characteristics of different waste that were evaluated in the experiment.**

Parâmetros	Suíno		Bovino Corte		Caprino		Ave Postura		Cama de Frangos	
	Magnitude	C.V.%	Magnitude	C.V.%	Magnitude	C.V.%	Magnitude	C.V.%	Magnitude	C.V.%
%MS	2,23	7,57	7,42	12,65	7,82	2,84	6,18	6,01	6,53	2,41
%SV	88,71	1,54	85,16	3,09	89,05	1,35	69,21	0,47	88,09	1,13
%Cinzas	11,29	10,96	14,84	16,97	10,95	10,67	30,79	10,83	11,91	55,09
%Lipídio	16,17a	7,21	6,69c	4,76	8,47c	9,42	10,20b	5,85	1,46d	7,28
%Proteína	23,31b	5,54	12,00d	11,41	13,26d	14,18	32,00a	10,69	20,00c	7,48
%FDN	31,90b	10,47	59,08a	11,79	59,04a	17,37	21,33c	2,55	33,97b	10,80
%Lignina	3,61c	13,04	10,07b	59,04	10,51b	29,68	3,50c	10,17	16,67a	13,42
%CHO <sub>R</sub>	17,33b	12,13	7,39c	17,75	8,29c	10,96	5,68c	1,06	32,66a	8,39
%CHO <sub>L</sub>	28,29b	4,96	49,01a	7,39	48,53a	5,62	17,83c	0,47	17,30c	1,13
CHO degr. Totais	45,62c	3,35	56,40a	15,22	56,82a	18,12	23,51d	6,67	49,96b	5,12
Biogás ( $L.kg^{-1}$ de SV)	657,18a	3,35	339,09d	15,22	260,29e	27,10	585,23b	7,34	421,27c	9,15
Bo ( $L CH_4.kg^{-1}$ de SV)	427,16a	2,36	237,36c	3,39	133,04d	2,22	469,83a	1,30	338,70b	3,91
Bu ( $L CH_4.kg^{-1}$ de SV)	504,80a	3,35	379,90c	15,22	451,45b	27,10	527,43a	7,34	510,36a	9,15
Biodegradabilidade	0,85a	2,79	0,62b	14,04	0,29c	25,69	0,89a	7,82	0,66b	9,86
Duração (dias)	80		90		120		80		80	

Na linha, letras distintas diferem entre si, pelo teste T, a 5% de probabilidade.

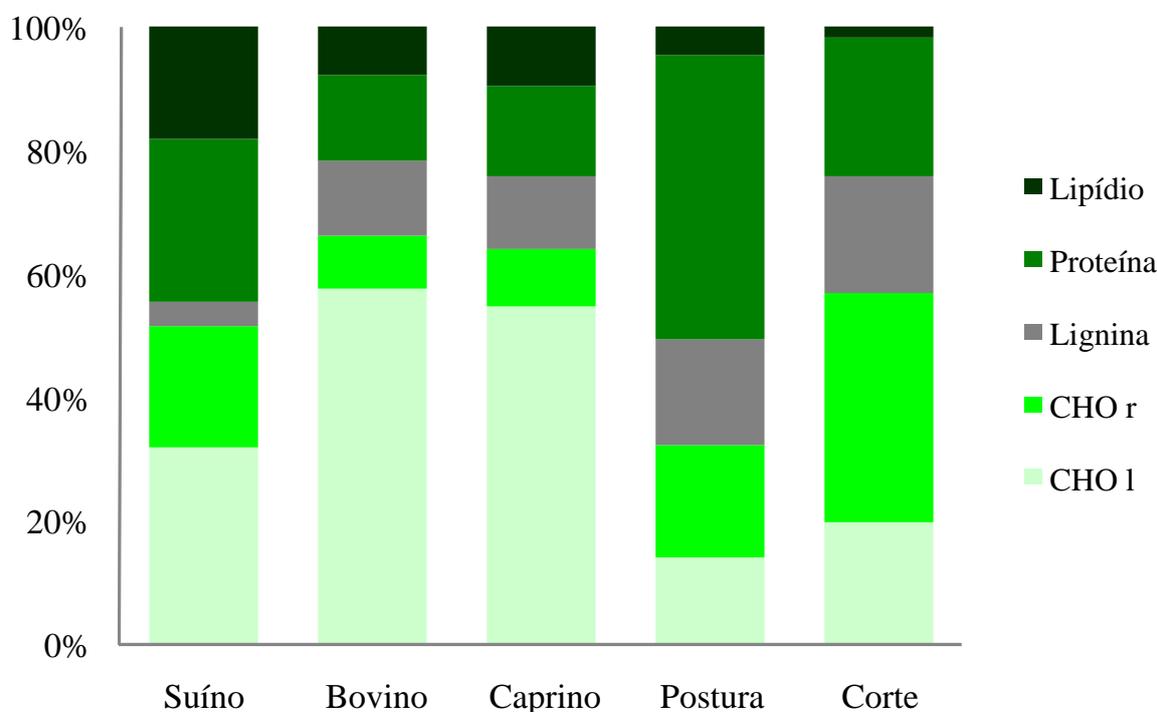


FIGURA 2. Teor de lipídio, proteína, lignina, carboidrato rapidamente degradado (CHO<sub>R</sub>), carboidrato lentamente degradado (CHO<sub>L</sub>) contidos nos SV, dos dejetos de suínos, bovinos, caprinos, aves de postura e cama de frangos de corte. **Lipids, protein, lignin, CHO<sub>R</sub>, CHO<sub>L</sub> contents in SV of swine, cattle, and goat waste, poultry litter and broiler litter.**

Ao proceder a esta separação, foram observadas diferenças entre os dejetos das diferentes espécies avaliadas. Os maiores teores de CHO<sub>L</sub> ( $P < 0,05$ ) foram observados para os dejetos dos bovinos e caprinos, seguido pelo dejeito de suíno, cama de frangos e dejeito de aves de postura. Os maiores teores provavelmente se devem às grandes porções de alimentos volumosos que são utilizadas nas dietas de ruminantes, sendo a característica principal destes alimentos, a elevada quantidade de lignina complexada com a celulose e a hemicelulose, o que acaba dificultando tanto a digestão animal como a biodigestão anaeróbia (ORRICO et al., 2007). A cama de frango apresentou o maior teor de lignina

( $P < 0,05$ ) sendo que este valor é dependente do material vegetal que se utiliza para a confecção das camas, e desta forma pode haver uma variação muito grande entre os valores de composição química e no *Bo* das camas de frango (SANTOS, 1997).

Os maiores ( $P < 0,05$ ) teores de lipídios foram observados para os dejetos de suínos, sendo que os dejetos de aves de postura apresentaram o segundo maior valor. Com relação à proteína, as posições inverteram-se, o dejetos de aves de postura apresentou os maiores valores, seguidos dos suínos. Para os teores de proteína, a cama de frango apresentou valores intermediários, seguida pelos dejetos de caprino e bovino, que apresentaram os menores teores.

MOLLER et al. (2004) avaliaram a composição dos dejetos de suínos e bovinos e encontraram valores muito próximos aos observados neste trabalho, sendo verificada maior concentração de lipídios, proteína e carboidratos de fácil degradação nos dejetos de suínos, o que garantiu maior potencial de produção de metano ( $516 \text{ CH}_4 \text{ L kg}^{-1} \text{ SV}$ ).

Na Figura 3, estão apresentados os dados de *Bo* e *Bu* dos dejetos de suínos, bovinos, caprinos, aves de postura e cama de frangos de corte.

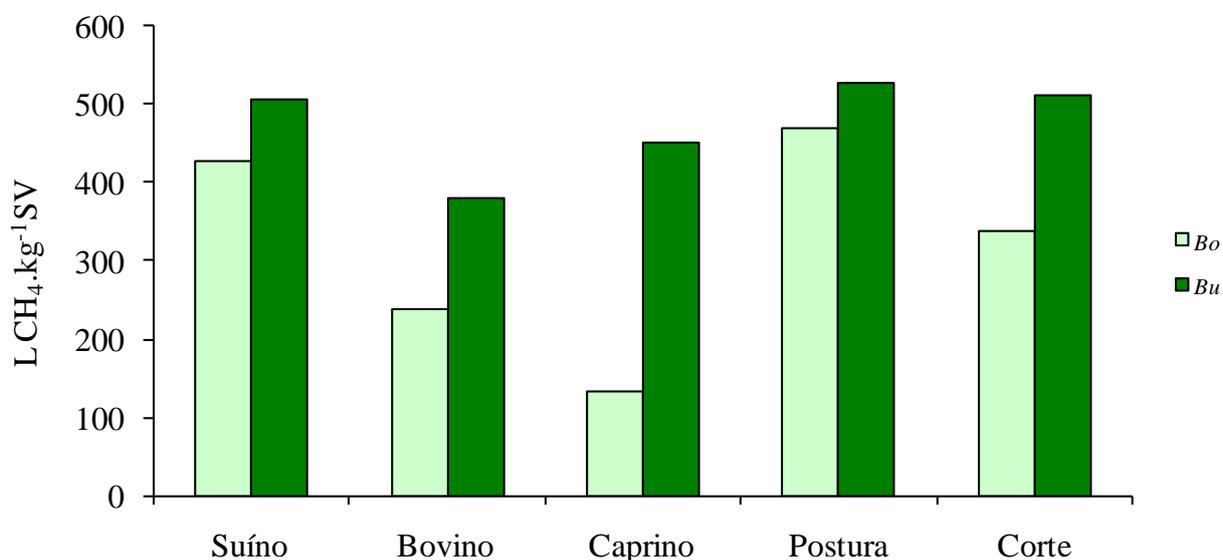


FIGURA 3. Potencial máximo teórico (*Bu*) e potencial observado (*Bo*)  $\text{L kg}^{-1}$  de SV dos dejetos de suínos, bovinos, caprinos, aves de postura e cama de frangos de corte. **Bu and Bo  $\text{L kg}^{-1}$  of swine, cattle, and goat waste, poultry litter and broiler litter.**

Quando se compara *Bu* com *Bo* através da biodegradabilidade (Tabela 1 e Figura 3), pode-se concluir que o dejetos de caprino teve o menor desempenho ( $P < 0,05$ ), e mesmo apresentando composição muito próxima dos dejetos de bovinos, sua biodegradabilidade foi significativamente menor. Este dado leva à conclusão de que não é apenas a composição química dos resíduos a responsável pela produção de gás, mas também outros fatores podem atuar para inibir ou maximizar a produção de gás. Neste caso, a menor degradação dos dejetos pode estar ligada à forma física dos dejetos, que no caso dos caprinos apresenta a forma de sibalas (formato arredondado das fezes). Segundo AMORIM et al. (2004), a forma de sibala dificulta a degradação devido a sua menor superfície de contato, tornando o processo de biodigestão mais lento. Durante a execução deste trabalho, observou-se que o resíduo de caprino permaneceu por mais tempo no interior dos biodigestores, até que cessasse a produção de gás (120 dias de duração). Observou-se ainda que, apesar do término da produção de gás, era possível observar a presença de sibalas (que não tinham sofrido decomposição no interior dos biodigestores).

O mesmo raciocínio pode ser aplicado aos valores encontrados para a cama de frangos, onde foi observado *Bu* de  $510 \text{ L CH}_4 \text{ kg}^{-1}$  de SV e *Bo* de  $338 \text{ L CH}_4 \text{ kg}^{-1}$  de SV, a qual também pode ter

sofrido efeito do tamanho da partícula, e conseqüentemente não atingiu valores próximos ao máximo de produção de metano estimado. Segundo dados encontrados por SANTOS (1997), o potencial de produção de metano da cama de frango pode sofrer interferência do material utilizado como cama, da densidade de animais no galpão e do reaproveitamento da cama por mais de um ciclo. Segundo a autora, o aumento na densidade animal de 10 para 22 aves m<sup>-2</sup> pode aumentar em até 32% a produção de gás.

Os dejetos de suínos e aves de postura apresentaram alta biodegradabilidade com valores acima de 80%, e para esses dejetos apenas a avaliação da composição pode ser utilizada como um indicativo confiável para se estimar a produção de metano. Isto se deve à qualidade da dieta oferecida aos animais e ao reduzido tamanho das partículas do dejetos, o que acaba contribuindo para que haja uma rápida fermentação destes resíduos (RICO et al., 2006).

Na Tabela 2, estão apresentados os dados médios de desempenho, produção de dejetos e produção de metano, em comparação com a quantidade de alimento (carne ou ovos) produzido durante o período experimental.

TABELA 2. Desempenho dos animais, produção de dejetos e produção de metano por kg de produto dos animais avaliados no experimento. **Animal performance, waste production and methane production per kg of product of evaluated animals in the experiment.**

	Suíno	Bovino	Caprino	Postura	Corte
Produção (kg de Produto)	90,0	520,0	30,0	14,7	3,1
Consumo (kg de MS)	238	3.900	243	31,57	6,43
Digestibilidade (%)	82,3	65,0	67,0	81,2	82,1
Conversão Alimentar	2,6	7,5	8,1	2,2	2,1
Excreção (kg de MS)	42,23	1.365	80,19	5,94	1,15
Excreção (kg de SV)	37,47	1.162	71,41	4,11	1,01
CR1 (kg Prod/kg res. MS)	2,13c	0,38d	0,37d	2,47b	2,71a
CR2 (kg Prod/kg res. SV)	2,40c	0,45d	0,42d	3,58a	3,07b
L de CH <sub>4</sub> kg <sup>-1</sup> prod	177,82c	530,60a	316,69b	131,42d	110,17d
Manut. Animal (kg MS)	148,60	3.380,00	213,00	16,89	3,31

Na linha, letras distintas diferem entre si, pelo teste T, a 5% de probabilidade.

Quando se comparam os dados do CR1, que expressa a quantidade de produto animal para cada kg MS de resíduo produzido, a avicultura de corte mostra-se como a atividade mais eficiente e, portanto, a que produz menor quantidade de resíduo para se obter o produto final. Entretanto, quando se compara em termos de SV (CR2), a avicultura de postura é a mais eficiente (possui menor teor de SV dos dejetos; Tabela 1), sendo desta forma a atividade que produziu menos matéria orgânica para se obter o produto final (maior CR2). Em contrapartida, os ruminantes foram os animais que apresentaram as maiores produções de dejetos (P<0,05) para se produzir kg de produto final (menores CR1 e CR2). Esta menor eficiência está ligada à capacidade que estes animais possuem em digerir e converter o alimento no produto final (CA). As diferenças no aproveitamento do alimento das diferentes espécies testadas podem ser observadas na Figura 4.

Foi considerado que a parte do alimento que o animal não utilizou para a produção de alimento e a produção dos dejetos, foi utilizada para sua manutenção; desta forma, os ruminantes necessitam de quantidades relativamente elevadas, apenas para a manutenção do organismo, diferente dos não ruminantes avaliados no trabalho. Conseqüentemente, os valores mais elevados de CA observados nos ruminantes não influenciaram apenas no CR1 e CR2, mas também fizeram com que estas espécies apresentassem as maiores produções de metano para cada kg de carne produzida. Desta forma, o conceito de CA acaba tornando-se uma importante ferramenta para se estimar o quanto uma atividade pode contribuir para impactar o meio ambiente em termos de produção de dejetos, como de emissão de metano para a atmosfera.

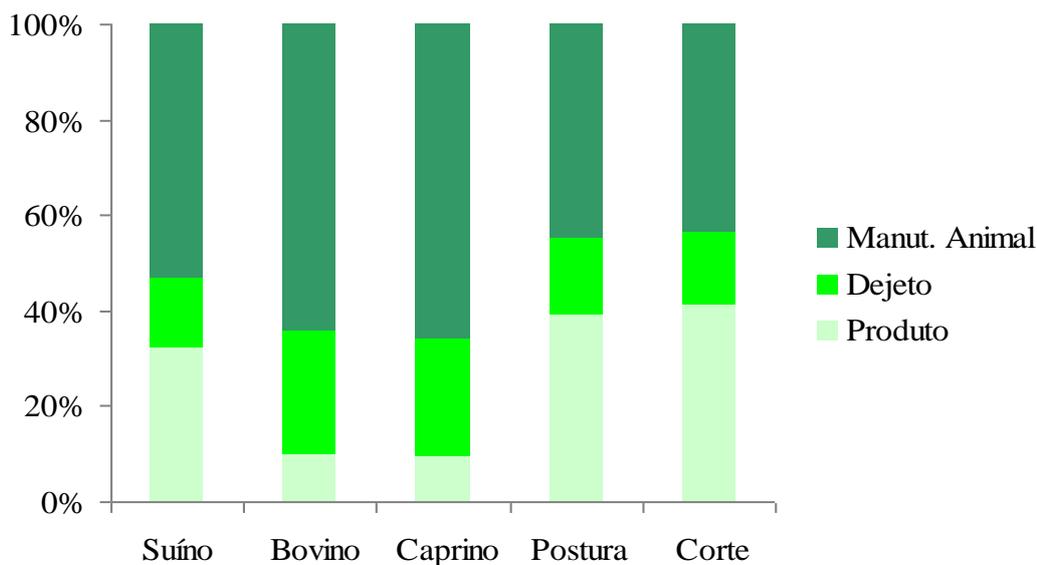


FIGURA 4. Proporção da utilização do alimento pelos animais utilizados no experimento.  
**Proportion of the using of food by animals that were used in the experiment.**

Com base nos dados da Tabela 2, foi possível determinar o comportamento da produção de metano por kg de produto, conforme se altera a CA (Figura 5). O intervalo de dados utilizados para se fazer as projeções foi baseado nos dados máximos e mínimos observados nos NRCs de cada espécie. A grande variação dos dados de CA deve-se a inúmeros fatores, entre os quais a diferença entre dietas, raças, linhagens, manejo e fatores ambientais (FERNANDES et al., 2004).

Para os animais não ruminantes, a conversão alimentar apresenta menor faixa de variação, que é consequência do predomínio do sistema intensivo de criação no qual se caracteriza por utilizar animais de alto desempenho, dietas de alta qualidade e instalações padronizadas. Já os sistemas de criação de ruminantes são muito variados, o que contribui para aumentar a variação dos dados de desempenho destes animais.

De maneira geral, à medida que se reduz a conversão alimentar dos animais, há uma significativa redução do potencial poluente da atividade em questão; desta forma, o uso de raças melhoradas e de dietas balanceadas (principais formas de reduzir a CA) é uma ferramenta importante para reduzir a poluição nos centros produtivos (SAVINO et al., 2007).

Apesar de os ruminantes apresentarem alto potencial de emissão de metano por kg de produto, deve salientar-se que esta emissão só ocorrerá para rebanhos confinados, onde os dejetos forem submetidos à ação de um meio anaeróbico. No caso do Brasil, os sistemas de produção de ruminante caracterizam-se pelo uso de pastagem e confinamento a céu aberto, onde os dejetos são expostos a condições aeróbicas, o que reduz drasticamente este índice. Mas, apesar disto, CR1 e CR2 observados para os ruminantes são preocupantes, principalmente para sistemas de confinamento a céu aberto (grande maioria dos confinamentos do Brasil), onde a alta concentração dos resíduos pode poluir tanto o solo como os corpos d'água mais próximos.

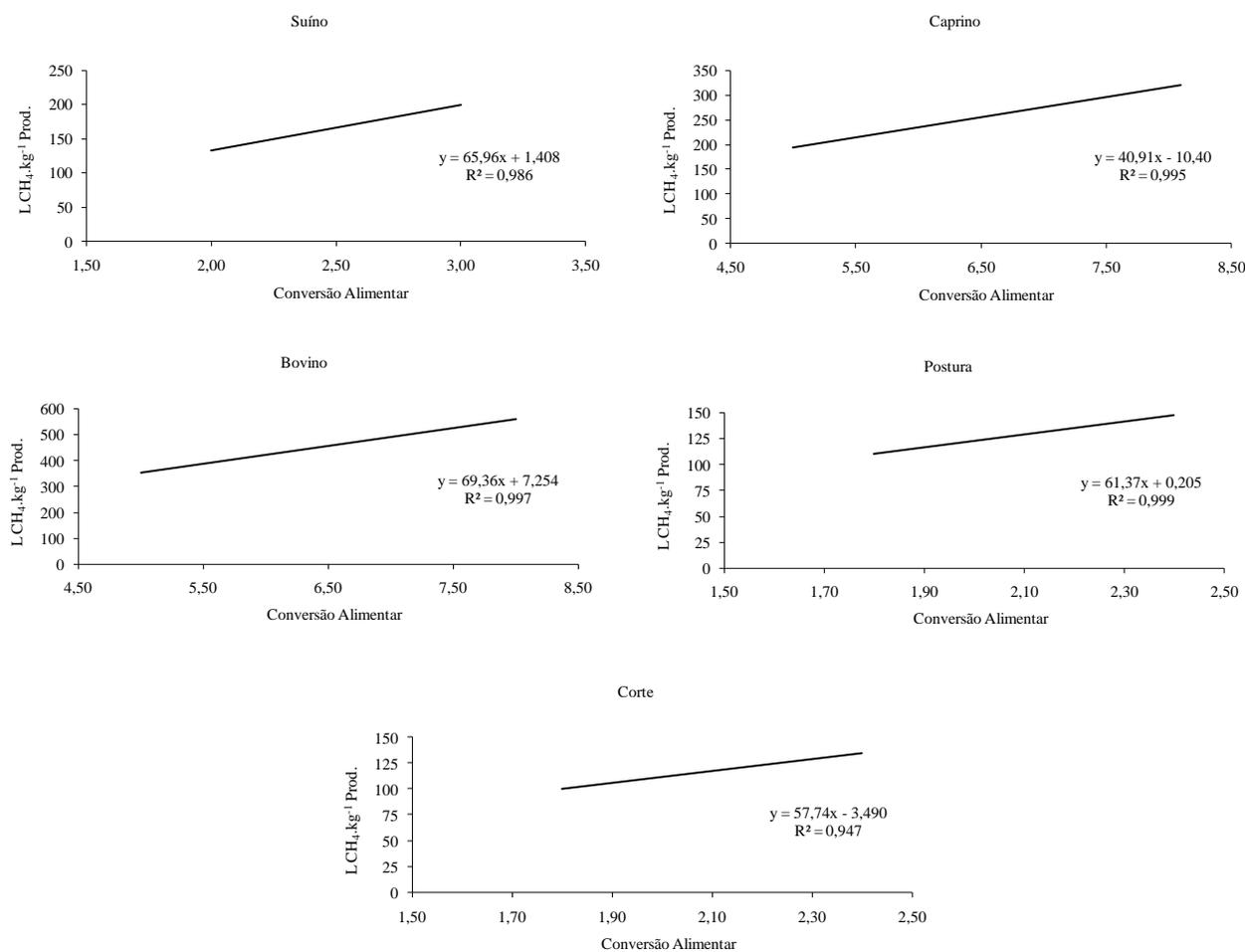


FIGURA 5. Efeito da conversão alimentar sobre o potencial de produção de metano por kg de produto para as diferentes espécies testadas. **Effect of food conversion on potential of methane production per kg of product for different species that were tested.**

O mesmo raciocínio feito para os ruminantes pode ser aplicado às aves de postura ou de corte, onde grande parte dos dejetos se encontra sob condição aeróbia, o que reduz drasticamente seu potencial de emissão de metano. Desta forma, a suinocultura acaba sendo a grande responsável pelas emissões de metano dos dejetos dentre as atividades avaliadas, pois o sistema de criação preconizado no País caracteriza-se por ser totalmente confinado com a retirada dos dejetos por meio da lavagem e, desta forma, seu armazenamento e/ou tratamento ocorre em meio anaeróbio (PERDOMO, 1999). Mas este problema pode ser resolvido facilmente com a utilização de biodigestores, permitindo que todo o gás produzido possa ser capturado e queimado posteriormente. Desta forma, a emissão deste gás para a atmosfera é reduzida, e ainda há a possibilidade de utilizar o gás para a geração de energia para a unidade produtora de suínos.

## CONCLUSÕES

De maneira geral, os dejetos dos ruminantes apresentaram alta concentração de fibra e baixos potenciais de produção de biogás, em comparação com os outros animais testados. No entanto, o menor desempenho destes animais na conversão do alimento em produto e, conseqüentemente, a maior produção de dejetos fez com que estes apresentassem elevados potenciais de emissão de metano por kg de alimento produzido.

**REFERÊNCIAS**

- AMORIM, A.C.; LUCAS JÚNIOR, J.; RESENDE, K.T. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.16-24, 2004.
- ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A.T.; ZACARKIM, C.E.; MATSUO, M.S. CUNHA, F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, 2006.
- CAETANO, L. *Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás*. 1985. 75 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.
- DEMIRER, G.N.; CHEN, S. Two-phase anaerobic digestion of unscreened dairy manure. *Process Biochemistry*, Shanghai, v.40, n.11, p.3.542-3.549, 2005.
- DIAS, C.A.; BITENCOURT, M.I.P.; BEUX, S. Estimativa do desempenho das lagoas de estabilização em um laticínio. *Synergismus Scyentifica*, Pato Branco, v.1, n.2, p.25-30, 2006.
- FERNANDES, H.J.; PAULINO, M.F.; MARTINS, R.G.R.; VALADARES FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; PAIVA, L.M.; MORAES, G.F.B. Ganho de peso, conversão alimentar, ingestão diária de nutrientes e digestibilidade de garrotes não castrados de três grupos genéticos em recria e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.2.403-2.411, 2004.
- GÜNGÖR-DEMIRCI, G.; DEMIRER, G. N. Effect of initial COD concentration, nutrient addition, temperature and microbial acclimation on anaerobic treatability of broiler and cattle manure. *Bioresource Technology*, Oxford, v.93, n.2, p.109-117, 2004.
- MOLLER, H.B.; SOMMER, S.G.; AHRING, B.K. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass Bioenergy*, Aberdeen, v.26, n.3, p.485-495, 2004.
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requeriments of goat*. 6<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy Press, 1985. 99 p.
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy Press, 1996. p.54-69.
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of poultry*. 9<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy Press, 1994. 130 p.
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of swine*. 10<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy Press, 1998. 245 p.
- ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M.A.P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.639-647, set./dez.2007.
- PERDOMO, C.C. *Dimensionamento de sistemas de tratamento (decantador e lagoas) e utilização de dejetos suínos*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1999. 5 p. (Comunicado Técnico, 234).
- RIBEIRO, G.M.; SAMPAIO, A.A.M.; FERNANDES, A.R.M.; HENRIQUE, W.; SUGOHARA, A.; AMORIM, A.C. Efeito da fonte proteica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.2.082-2.091, 2007.
- RICO, J.L.; GARCIA, H.; RICO, C.; TEJERO, I. Characterisation of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production. *Bioresource Technology*, Oxford, v.98, p.971-979, 2006.
- 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*. 95 f. Dissertação

(Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J. Balanço energético em galpão de frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1 p.25-36, 2004.

SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J.; SILVA, F.M. Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal v. 27, n.3, p. 658-, 2007.

SAVINO, V.J.M.; COELHO, A.A.D.; ROSARIO, M.F.; SILVA, M.A.N. Avaliação de materiais genéticos visando à produção de frango caipira em diferentes sistemas de alimentação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa-MG, v.36, n.3, p.578-583, 2007.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa-MG: Editora Universitária, 2006. 166 p.

SILVA, F.M.; LUCAS JÚNIOR, J.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, E. Desempenho de um aquecedor de água a biogás. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.608-614, 2005.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. *SAS system for Windows*. Versão: 8.2. Cary, 2001.

STEIL L. *Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos*. 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.

UNFCCC. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Overview of project activity cycle. Disponível em: <<http://unfccc.int/cdm>>. Acesso em: 15 nov. 2006.