

JOÃO PAULO SANTOS ROSEIRA

**CASCA DE CAFÉ TRATADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO EM CONDIÇÃO DE
AEROBIOSE OU ANAEROBIOSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

R799c
2015
Roseira, João Paulo Santos, 1988-
Casca de café tratada com óxido de cálcio em condição
de aerobiose ou anaerobiose / João Paulo Santos Roseira. -
Viçosa, MG, 2015.
ix, 52f. : il. ; 29 cm.

Orientador : Rasmô Garcia.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Nutrição animal. 2. Casca de café na nutrição animal.
3. Tratamento de resíduos. 4. Óxido de cálcio .
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia.
II. Título.

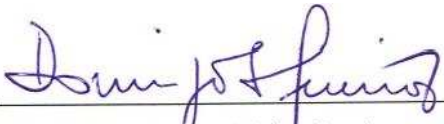
CDD 22. ed. 636.085


JOÃO PAULO SANTOS ROSEIRA


**CASCA DE CAFÉ TRATADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO EM CONDIÇÃO DE
AEROBIOSE OU ANAEROBIOSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 27 de julho de 2015.


Domingos Sávio Queiroz


Karina Guimarães Ribeiro
(Coorientadora)


Rasmão Garcia
(Orientador)

“... Pois estou com você; não tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o fortalecerei e o ajudarei; eu o segurarei com a minha mão direita vitoriosa.” Is 41:10

A Deus por me abençoar, guiando os meus caminhos.

Aos meus pais, Paulo e Cleusa, AMO VOCÊS!

Ao meu amado filho, Hugo, por cada sorriso, que me renova a cada manhã.

A minha linda e amada, Tâmara, sempre ao meu lado.

Aos meus irmãos, fundamentais em minha vida.

Aos sobrinhos, em vocês existe a felicidade.

Ao professor Rasmão Garcia, exemplo de profissional e ser humano.

Enfim, aos amigos, tios (as), avós, cunhadas (o), primos (as), professores (as). Minha vitória estende-se a vocês!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre guiar os meus caminhos, me dando saúde, força e paz.

Aos meus pais e irmãos, pelo amor, dedicação e confiança...minha base.

Ao meu amado filho, Hugo, pelos abraços e sorrisos me encorajando a continuar.

À minha linda e amada, Tâmara, pela ajuda, paciência e compreensão nos momentos de ausência.

A Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia e sua equipe docente, pela capacitação profissional e por disponibilizar suas instalações para condução do experimento.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao professor Rasmão Garcia, pela orientação, ensinamentos, amizade sincera, confiança, contribuindo para minha formação profissional e pessoal.

As professoras Cristina Mattos Veloso e Karina Guimarães Ribeiro, pela co-orientação, ensinamentos e disponibilidade sempre que necessário.

Ao professor Odilon Gomes Pereira, por disponibilizar as instalações e contribuir com a realização das análises.

Aos membros da banca, pelas sugestões para melhoria do trabalho.

A equipe do Laboratório de Forragicultura, pela amizade, ensinamentos e apoio na realização das análises laboratoriais, em especial a Néia, pela orientação nas análises microbiológicas, sem vocês seria mais difícil.

Aos meus pais estatísticos, Thiago (Timão) e Leandro (Leandrão), pela paciência em me ajudar.

Aos irmãos de orientação, Hellen, Everton e Josy, pelo companheirismo e ensinamentos.

Aos colegas da pós-graduação, pelo aprendizado e excelente convivência.

Aos estagiários Luiz Augusto, Samuel e Andréia, pela ajuda na montagem e condução do experimento.

Aos amigos Padre, Fábio, Muca, Raphael, Nilson e Helder, pela torcida.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Mário, Monteiro, Aline, Natanael pela colaboração e auxílio sempre que necessário.

A todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

JOÃO PAULO SANTOS ROSEIRA, filho de Cleusa Coutinho Santos Roseira e Paulo Neri Roseira, nasceu em Vitória da Conquista, BA, em 10 de Junho de 1988.

Em Agosto de 2008, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, concluindo em Julho de 2013.

Em agosto de 2013, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, UFV, área de concentração Forragicultura e Pastagem, concluindo em Julho de 2015.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	5
Capítulo 1- Valor nutritivo da casca de café tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento.....	6
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões.....	30
Referências.....	30
Capítulo 2- Cinética de degradação ruminal da casca de café tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose.....	33
RESUMO.....	33
ABSTRACT.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	36
Resultados e Discussão.....	41
Conclusões.....	50
Referências.....	50

RESUMO

ROSEIRA, João Paulo Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015.

Casca de café tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose.

Orientador: Rasmão Garcia. Coorientadoras: Cristina Mattos Veloso e Karina Guimarães Ribeiro.

Um experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, UFV, no campus de Viçosa, gerando informações apresentadas em dois capítulos. Avaliou-se, qualitativamente, a eficiência do óxido de cálcio no tratamento da casca de café em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento. No primeiro capítulo, apresentou-se os resultados do valor nutritivo, temperatura, pH e desenvolvimento de fungos na casca de café tratada com óxido de cálcio (CaO) em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 2 x 4, sendo duas doses de CaO (0 e 5%, base da matéria seca), duas condições de ambiente para reação (aerobiose ou anaerobiose) e quatro períodos de tratamento (1; 2; 3 e 4 semanas), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída de 3 kg de casca de café. Verificou-se temperatura inicial mais elevada na casca de café tratada, na qual a maior temperatura, 43,36 °C, foi registrada em condição de anaerobiose. Observou-se que as variáveis extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), nutrientes digestíveis totais (NDT), pH, mofos e leveduras foram afetadas ($P < 0,05$) pela interação CaO × condição de ambiente × período. Nas semanas 1, 2, 3 e 4, foi verificado para a casca de café tratada menores teores de FDN_{cp} e HEM, quando comparado com a casca de café não tratada, em aerobiose e anaerobiose. Para a casca de café tratada em aerobiose, foi constatado aumento do valor da DIVMS até 1,32 semanas, atingindo valor máximo de 55,76%. O óxido de cálcio promove redução dos constituintes da parede celular e aumenta a digestibilidade da matéria seca da casca de café. Uma semana é considerada o período apropriado para o tratamento da casca. No segundo capítulo, descreveu-se a cinética de degradação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro da casca de café tratada com óxido de cálcio (CaO), em condição de aerobiose ou anaerobiose. A casca de café foi submetida a duas doses de CaO (0 e 5% base da MS) e duas condições de ambiente para reação (aerobiose ou anaerobiose), no delineamento inteiramente

casualizado, com três repetições. Após sete dias de tratamento, foi realizado coletas das amostras, as quais foram pré-secas a 55°C e moídas. Amostras de 5,0 g foram incubadas no rúmen de dois bovinos machos, nos intervalos de tempo 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas. Os parâmetros cinéticos de degradação da matéria seca, à exceção da fração b, a degradabilidade potencial e a degradabilidade efetiva foram afetados ($P < 0,05$) pela interação CaO × condição de ambiente. Quanto aos parâmetros estimados da degradação da fibra, a fração potencialmente degradável apresentou efeito ($P < 0,05$) para condição de ambiente e CaO. A utilização do CaO promoveu aumento dessa fração em 4,08 pontos percentuais quando comparada à casca não tratada e redução de 4,37 pontos percentuais da fração indegradável. A utilização do CaO no tratamento da casca de café promove aumento da degradabilidade efetiva e potencial da matéria seca e redução da fração indegradável da fibra. A condição de anaerobiose constitui-se no melhor ambiente para o tratamento da casca de café com CaO.

ABSTRACT

ROSEIRA, João Paulo Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2015.
Coffee hulls treated with calcium oxide in aerobic or anaerobic condition. Adviser:
Rasmo Garcia. Co-advisers: Cristina Mattos Veloso and Karina Guimarães Ribeiro.

One experiment was conducted in the Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, UFV, campus de Viçosa, generating informations presented in two chapters. It was evaluated qualitatively the efficiency of the calcium oxide in the treatment of coffee hulls in aerobic or anaerobic conditions. In the first chapter, are presented the results of nutritive value, temperature, pH, and dynamics of fungus growth in the coffee hulls treated with CaO were evaluated. A factorial experiment 2 x 2 x 4 (two levels of CaO; two ambient conditions for reaction, aerobic and anaerobic; and four periods of treatment, 1, 2, 3 and 4 weeks) was conducted under a completed randomized design with 3 replicates. Each experimental unit was constituted by 3 kg of coffee hulls. Higher temperature, 43.36 °C was registered immediately the coffee hulls be treated. It was observed that EE, NDFap, HEM, LIG, IVDMD, TDN, pH, fungus and yeast were affected ($P < 0.05$) by interaction of CaO \times ambient condition \times period. In all weeks 1, 2, 4 and 4 were verified lower contents of NDFap and HEM for treated coffee hulls compared to untreated coffee hulls in aerobic and anaerobic condition. The IVDMD of treated coffee hulls reached the maximum value of 55.76% by 1.32 weeks of treatment. The calcium oxide promotes a reduction of cell wall components and increase the dry matter digestibility of coffee hulls. One week period is considered appropriate for hydrolyse of coffee hulls. In the second chapter, ruminal kinetic degradation of dry matter and neutral detergent fiber of coffee hulls treated with 0 and 5% (dry matter basis) levels of calcium oxide under aerobic and anaerobic conditions was described. Samples of 5.0 g of treated coffee hulls were incubated in the rumens of steers during 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 and 120 hours. It were observed to kinetic parameters of dry matter degradation, exception fraction b, that potential and effective degradabilities were affected ($P < 0.05$) by the CaO \times ambient conditions interaction. Related to estimated parameters of fiber degradation, the potentially degraded fraction showed effect ($P < 0.05$) to ambient condition and CaO. The use of CaO promoted increase this fraction in 4.08 percentage points compared to the untreated hulls and reduction of 4.37 percentage points of undegradable fraction. The utilization of CaO to treat coffee hulls promotes an increase in the effective degradability and potential of the

dry matter and reduction of undegradable fiber fraction. The anaerobic condition provide a better ambient to treat coffee hulls with CaO.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil, país de grande atividade agrícola, gera, anualmente, milhões de toneladas de subprodutos e resíduos, a partir do processamento de uma ampla variedade de culturas. Esses alimentos não convencionais, muitas vezes descartados, apresentam grande potencial de utilização, seja como volumoso ou substituindo algum item do concentrado, reduzindo a dependência da produção animal por grãos utilizados na alimentação humana e outros fins. Promove, também, a redução dos possíveis impactos ambientais que estes poderiam provocar. Vale ressaltar, que a escolha e a forma de utilização de determinado resíduo devem ser regionais, uma vez que o uso estará limitado ao valor nutricional, disponibilidade e custos.

Neste cenário, destaca-se a casca de café, resíduo que é gerado em grande quantidade no Brasil. Tem sua origem no processo de beneficiamento do café em coco, no qual os frutos são secos integralmente e se obtém, como resíduo, o epicarpo (casca propriamente dita), juntamente com o mesocarpo (mucilagem ou polpa) e endocarpo (pergaminho), conhecida como despolpa por via seca. Este resíduo, comumente chamado casca de café, constitui, aproximadamente, 50% do fruto seco colhido (Barcelos et al., 2002; Rocha et al., 2006).

O Brasil sendo um dos maiores produtores de café do mundo, e a casca um resíduo natural do seu beneficiamento, não se compreende a razão da não utilização generalizada dessa fonte de alimento, mesmo porque isso já vem sendo feito em outros países com tradição na produção dessa cultura, como Colômbia e México (Rocha et al., 2006). Outro fator que favorece o uso da casca de café é a disponibilidade da mesma nos locais de beneficiamento, ao contrário de muitos outros resíduos agrícolas que permanecem no campo e não são transportados com o grão, aumentando os custos de colheita e transporte dos mesmos (Figueiredo et al., 2008).

De acordo com a primeira estimativa realizada pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), em 2015, o país deverá colher entre 44,11 e 46,61 milhões de sacas de café(60 kg) beneficiado, das quais 73,70% será café Arábica e 26,30% café Conilon. Considerando a relação de café beneficiado e casca de 1:1, como proposto por Bártholo et al. (1989), será obtido, no ano de 2015, aproximadamente, 22,68 milhões de sacas de casca de café em todo o país.

Em sua composição, a casca de café, apresenta elevada concentração de constituintes fibrosos, o que a caracteriza como alimento de baixo valor nutritivo. Valadares Filho et al. (2010) apresentam valores médios de 65,53% de fibra em detergente neutro (FDN), 50,11% de fibra em detergente ácido (FDA), 45,18% de digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) e 9,87% de proteína bruta (PB) com base na matéria seca, sendo que 28,92% deste último nutriente se encontra como nitrogênio indisponível aos micro-organismos do rúmen.

Neste contexto, o uso de agentes químicos surge como alternativa para a melhoria do valor nutritivo de alimentos fibrosos. Estes agentes atuam promovendo o rompimento da estrutura da fração fibrosa, predispondo-a à ação dos micro-organismos do rúmen, tornando o alimento mais digestível e, conseqüentemente melhorando o desempenho animal (Mohallen, 2010).

O produto químico ideal para o tratamento de volumosos deve ser eficaz para aumentar a digestibilidade; os benefícios devem superar os custos associados ao tratamento; não possuir efeitos tóxicos sobre os animais e contaminação ambiental; fornecer nutrientes essenciais para o animal; e não ser perigoso ao manusear (Owen et al., 1984).

Dentre os diferentes álcalis utilizados no tratamento químico, a cal micropulverizada, surge como alternativa segura e de baixo custo, para ser empregada no tratamento de materiais fibrosos. É encontrada nas formas de óxido de cálcio(CaO,

resultante da calcinação de rochas calcárias) e hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), com baixos teores de magnésio (Mg), dioxinas e furanos, certificados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para alimentação animal (Campos et al., 2011).

A eficiência da hidrólise alcalina depende de fatores como: umidade do material a ser tratado, temperatura ambiente, tempo de tratamento, tipo de resíduo, composto químico, dentre outros, que devem ser considerados no momento do tratamento de volumosos.

Shreck (2013) utilizando o óxido de cálcio (50 g kg^{-1} na MS) no tratamento de sabugo de milho com teores de umidade 50 e 65%, verificou melhoria na digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) para o sabugo de milho com 50% de umidade em comparação ao mesmo resíduo com 65% de umidade, ressaltando que o CaO atuou como agente hidrolítico, ao invés de exercer efeito tamponante. Em segundo experimento, avaliou sabugo de milho, palhada de trigo e palhada de milho (50% MS) em três tempos de reação (7, 14 e 28 dias) e observou que o sabugo de milho apresentou menor DIVMS em 28 dias (44,5%) em comparação com sete dias (47,3%) ou 14 dias (47,4%) de reação. Para a palhada de trigo, registrou valores de 42,2%; 46,8% e 44,6% e palhada de milho 39,8%; 38,5% e 39,6%, para sete, 14 e 28 dias, respectivamente. Este autor concluiu que resíduos de diferentes culturas, partes da planta, umidade do resíduo e temperatura são fatores a considerar no tratamento de resíduos.

A temperatura pode aumentar a taxa e a extensão da reação química, tal como esta tem sido proposta como um meio para melhorar o tratamento, quando o Ca(OH)_2 é utilizado (Owen et al., 1984). Maior temperatura pode, também, refletir melhor ambiente dentro do recipiente fechado. Como o calor resultante da reação exotérmica do tratamento químico é retido, possivelmente, estes fatores podem interagir com o substrato (Shreck, 2013).

Apesar do volume de casca de café disponível e das pesquisas já conduzidas quanto à sua utilização in natura, faz-se necessário a realização de novos estudos para submeter a casca de café a tratamentos químicos, especificamente com óxido de cálcio, o que pode possibilitar solubilização de constituintes da parede celular e consequentemente, aumentar a participação deste resíduo na dieta de ruminantes.

Face ao exposto, objetivou-se avaliar, qualitativamente, a eficiência do óxido de cálcio no tratamento da casca de café, em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento.

REFERÊNCIAS

- BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C. de A.; PERES, J.R.O.; SANTOS, V.; CARDOSO, R. M. Parâmetros bromatológicos da casca e polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p. 780-790, 2002.
- BÁRTHOLO, G.F.; MAGALHÃES, A.A.R.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHALFOUN, S.M. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. **Informe Agropecuário**, v.14, p.33-44, 1989.
- CAMPOS, M.M.; BORGES, A.L.C.C.; LOPES, F.C.F.; PANCOTI, C.G.; REIS e SILVA, R. Degradabilidade in situ da cana-de-açúcar tratada ou não com óxido de cálcio, em novilhas leiteiras Holandês x Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.1487-1492, 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento de Safras: 1ª levantamento 2015**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 19 de abr. 2015.
- FIGUEIREDO, M.P.; LOPES, I.O.; SOUSA, F.G.; MOREIRA, G.R.; SOUSA, L.F.; CRUZ, P.G.; FERREIRA, J.Q. Parâmetros cinéticos da degradação ruminal da casca de café (*Coffea arabica*, L.) tratada com hidróxido de sódio (NaOH). **Ciência Animal Brasileira**, v.9, p. 23-29, 2008.
- MOHALLEM, R.F. **Hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) e bactérias heterofermentativas como aditivos em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) para alimentação de ruminantes**.2010. 75f. Tese (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia.
- OWEN, E.; KLOPFENSTEIN, T.; URIO, N.A. Treatment with other chemicals.In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Ed.). **Straw and fibrous by-products as feed**. Elsevier Science, 1984. p. 248-275.
- ROCHA, F.C.; GARCIA, R.; FREITAS, A.W.P.; BERNARDINO, F.S.; VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA, G.C. Valor energético de dietas contendo diferentes níveis de casca de café para bovinos e ovinos. **Acta Science Animal Science**, v.28, p.81-87, 2006.
- SHRECK, A. L. **Use of alkaline treated crop residues as partial grain replacements for finishingcattle**. 2013. 74p Theses (Doctor) - University of Nebraska - Lincoln.
- VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L. AMARAL, H.F.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, A.R.; CAPELLE, E.R.**Tabela brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa, 2010. 502p.

CAPÍTULO 1

Valor nutritivo da casca de café tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento

Resumo- Objetivou-se avaliar o valor nutritivo, temperatura, pH, e dinâmica de desenvolvimento de fungos na casca de café tratada com óxido de cálcio (CaO) em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 2 x 4, sendo duas doses de CaO (0 e 5%, base da matéria seca), duas condições de ambiente para reação (aerobiose e anaerobiose) e quatro períodos de tratamento (1; 2; 3 e 4 semanas), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída de 3 kg de casca de café. Verificou-se temperatura inicial mais elevada na casca de café tratada, na qual a maior temperatura, 43,36 °C, foi registrada em condição de anaerobiose. Observou-se que as variáveis extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), nutrientes digestíveis totais (NDT), pH, mofos e leveduras foram afetadas ($P < 0,05$) pela interação CaO × condição de ambiente × período. Nas semanas 1, 2, 3 e 4, foi verificado, para a casca de café tratada, menores teores de FDN_{cp} e HEM, quando comparado com a casca de café não tratada, em condição de aerobiose e anaerobiose. Para a casca de café tratada em condição de aerobiose, foi constatado aumento do valor da DIVMS até 1,32 semanas, atingindo valor máximo de 55,76%. O óxido de cálcio promove redução dos constituintes da parede celular e aumenta a digestibilidade da matéria seca da casca de café. Uma semana é considerada o tempo apropriado para hidrólise da casca.

Termos para indexação: constituintes fibrosos, resíduo, tratamento alcalino.

Nutritive value of coffee hulls treated with calcium oxide or the aerobic and anaerobic condition, in different periods of treatment

Abstract- Nutritive value, temperature, pH, and dynamics of fungus growth in the coffee hulls treated with CaO were evaluated. A factorial experiment 2 x 2 x 4 (two levels of CaO; two ambients, aerobic and anaerobic; and four periods of treatment, 1, 2, 3 and 4 weeks) was conducted under a completed randomized design with 3 replicates. Each experimental unit was constituted by 3 kg of coffee hulls. Higher temperature, 43.36 °C was registered immediately the coffee hulls be treated. It was observed that EE, NDFap, HEM, LIG, IVDMD, TDN, pH, fungus and yeast were affected ($P < 0.05$) by interaction of CaO × ambient condition × period. In all weeks 1, 2, 4 and 4 were verified lower contents of NDFap and HEM for treated coffee hulls compared to untreated coffee hulls in aerobic and anaerobic condition. The IVDMD of treated coffee hulls reached the maximum value of 55.76% by 1.32 weeks of treatment. The calcium oxide promotes a reduction of cell wall components and increase the dry matter digestibility of coffee hulls. One week period is considered appropriate for hydrolise of coffee hulls.

Index terms: fibrous constituents, residue, alkali treatment.

Introdução

A utilização da casca de café (*Coffea arábica* L.) no arrazoamento animal se constitui uma alternativa para a produção de carne e, ou, leite, o que pode ocasionar aumento da lucratividade nos diferentes sistemas de produção.

Este resíduo, gerado em grande quantidade no Brasil, é considerado de baixo valor nutritivo por apresentar, em sua composição, elevada concentração de constituintes fibrosos; 65,53% de fibra em detergente neutro (FDN), 50,11% de fibra em detergente ácido (FDA) e baixa digestibilidade da matéria seca, 45,18% (Valadares Filho et al., 2010).

Estudos, conduzidos décadas atrás e recentemente, demonstram a eficiência de diferentes álcalis para promover a hidrólise em volumosos com alto teor de fibras (Pires et al., 2004; Zanine et al., 2007; Carvalho et al., 2009; Pires et al., 2010; Shreck, 2013). Hidrólise é uma reação de ruptura de ligações químicas, promovida pela água, em meio ácido ou alcalino, ou, ainda, pelo calor, com despressurização brusca de material úmido hidrolisável. Os agentes alcalinizantes são utilizados para melhorar os coeficientes de digestibilidade. Estes atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovendo o fenômeno conhecido como entumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando ruptura das ligações de pontes de hidrogênio, o que resulta em aumentada digestão desta e da hemicelulose (Jackson, 1997; Domingues et al., 2012).

Dentre os álcalis utilizados para o tratamento químico, o óxido de cálcio (CaO) surge como alternativa de fácil aquisição e baixo custo. Este é obtido na forma de cal microprocessada ou micropulverizada, um produto de origem mineral, mais reativo, que passa por processo industrial e adquire aparência de matéria refinada. Traz como benefício a obtenção de produtos livres de elementos tóxicos ou com

concentrações desses elementos muito abaixo da concentração tóxica para os ruminantes (Domingues, 2009; Campos et al., 2011).

A ação efetiva do CaO para redução dos constituintes da parede celular vegetal foi demonstrada por Chaudhry (2000), após tratar a palhada de trigo (160 g kg^{-1} na MS), registrando valores de 84,1% e 67,6% de FDN; 25,9% e 2,9% de hemicelulose; 10,4% e 9,2% de lignina, para a palhada de trigo não tratada e tratada, respectivamente.

Com a redução da fração fibrosa dos resíduos, conseqüentemente, ocorre aumento da digestibilidade dos mesmos. Shreck (2013) observou aumento da digestibilidade in vitro da matéria orgânica, quando submeteu as palhadas de milho e trigo ao tratamento com CaO (50 g kg^{-1} na MS), verificando valores de 34,8% e 42,5%; 33,9% e 49,3%, para a palhada de milho e trigo, não tratada e tratada, respectivamente.

Deste modo, a utilização do CaO para tratamento da casca de café pode promover os benefícios supracitados neste resíduo. Assim, o conhecimento detalhado do valor nutricional desse alimento, e dos demais efeitos após o tratamento químico, é imprescindível para se fazer melhor uso nas dietas de ruminantes.

Face ao exposto, objetivou-se avaliar o valor nutritivo, temperatura, pH, e dinâmica de desenvolvimento de fungos na casca de café tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal e no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, UFV, no Campus de Viçosa, no período de 13 de junho a 11 de julho de 2014. A cidade está localizada na Zona da Mata, estado de Minas Gerais, a 657 m de altitude, geograficamente definida pelas coordenadas $20^{\circ}45'20''$ de latitude sul e $42^{\circ}52'40''$ de longitude oeste. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação proposta

por KÖPPEN, tendo duas estações definidas: seca, de abril a setembro, e úguas, de outubro a março. A precipitação média anual é de 1341,2 mm.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 2 x 4, sendo duas doses de CaO (0 e 5%, base da matéria seca), duas condições de ambiente para reação (aerobiose e anaerobiose) e quatro períodos de tratamento (1; 2; 3 e 4 semanas), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

A casca de café foi adquirida após beneficiamento do café por via seca, numa beneficiadora localizada na região de Viçosa-MG. Após descarregamento, o material foi homogeneizado e retirada uma alíquota para estimar o teor de matéria seca (MS) da casca antes da aplicação dos tratamentos, utilizando-se o método Karl Fischer. Uma segunda alíquota foi retirada, acondicionada em saco de polietileno e armazenada sob refrigeração (-10 °C) para análise da composição química, conforme Detmann et al. (2012), bem como para contagem de micro-organismos (mofos e leveduras) (Tabela 1).

De posse da informação do teor de MS, foi realizado o ajuste da umidade da casca de café para 50% (Shreck, 2013). Foram pesados 84,27 kg de casca de café, e colocados no chão coberto com lona; em seguida, foram adicionados, sobre a casca, 65,73 L de água, com auxílio de regadores manuais, e foi feita homogeneização com enxada.

Posteriormente, foram pesados três quilos de casca de café (50% de umidade), acondicionados em saco de polietileno, com dimensões de 0,50 x 0,70 m, para compor as unidades experimentais. Para o tratamento 0% de CaO, foi acondicionada, nos sacos, apenas a casca de café; para o nível 5%, foi adicionada, na casca, a cal micropulverizada em pó (5% de CaO base da MS), logo após a pesagem da casca de café; em seguida, a mistura foi homogeneizada. Para a condição de ambiente aeróbico, os sacos foram mantidos abertos durante todo o período experimental e a condição de anaerobiose foi estabelecida utilizando o vácuo da seladora, Eco vacuum 1040, Orved, Italy. As

diferentes unidades experimentais foram armazenadas em local protegido à temperatura ambiente.

Tabela 1. Composição química e contagem de mofos e leveduras da casca de café in natura.

Componente	Composição (%)
Matéria seca (%)	88,40
Proteína bruta ⁽¹⁾	10,52
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro ⁽²⁾	40,50
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido ⁽²⁾	20,99
Extrato etéreo ⁽¹⁾	1,12
FDNcp ^{(1)*}	52,47
Fibra em detergente neutro indigestível ⁽¹⁾	44,31
Fibra em detergente ácido ⁽¹⁾	42,76
Celulose ⁽¹⁾	28,18
Hemicelulose ⁽¹⁾	15,78
Lignina ⁽¹⁾	14,50
Carboidratos não fibrosos ⁽¹⁾	27,18
Carboidratos totais ⁽¹⁾	79,65
Cinzas ⁽¹⁾	8,77
Nutrientes digestíveis totais estimados ⁽³⁾	43,45
Mofos e leveduras (LogUFC/g)	8,26

⁽¹⁾Porcentagem da matéria seca. ⁽²⁾Porcentagem do nitrogênio total. ⁽³⁾Estimado segundo NRC (2001).

*Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

Durante todo o período experimental, foi monitorada a temperatura nas unidades experimentais, por meio de termômetro digital com haste metálica (Modelo Tp 101-Tipo espeto), que foi colocado na porção central do material, no início do experimento, permanecendo até o período final determinado (28 dias). Nas primeiras 24 horas, a temperatura foi monitorada a cada três horas; posteriormente, a cada 24 horas, até o último dia experimental.

Nos tempos determinados (1; 2; 3 e 4 semanas), foi retirada uma alíquota do material, sendo esta dividida em três subamostras: a primeira (9 g) foi utilizada para mensuração do pH, por meio de peagâmetro digital, conforme descrito por Silva & Queiroz (2002); a segunda (25 g) foi utilizada para quantificar a população de mofos e leveduras; a terceira, para análises da composição química, que foi acondicionada em

sacos de polietileno, identificadas e armazenadas sob refrigeração (-10 °C) para posteriores análises.

Para quantificação da população de mofos e leveduras, foi preparado extrato aquoso, que continha 25 g de amostra da casca de café, adicionados a 225 mL de solução salina estéril (Ringer Solution[®] Oxoid), que foi homogeneizado em liquidificador durante um minuto. Em seguida, uma porção (10 mL) do extrato aquoso foi submetida às diluições seriadas, variando de 10^{-1} a 10^{-7} . O cultivo dos microorganismos foi realizado em placas de Petri estéreis, em meio PDA (Potato Dextrose Ágar), acrescido com 1,5% de ácido tartárico 10%, utilizando a técnica de plaqueamento Pour-plate. As placas foram incubadas em estufa BOD, com temperatura regulada para 25 °C, durante cinco dias. Ao final desse tempo, a contagem foi realizada com auxílio de um contador de colônia manual (Phoenix[®] Modelo CP 608). Foram passíveis de contagem as placas que apresentaram entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC). Para avaliação e interpretação dos dados, os resultados obtidos foram convertidos para base logarítmica (Log_{10} UFC).

Para análise da composição química, após descongelamento das amostras, foi realizada a retirada parcial da umidade, em estufa com ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas. Posteriormente, foram processadas em moinho de faca, tipo “Willey”, com peneira de crivo de 1 e 2 mm. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas (MM), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG) foram estimados de acordo com metodologias descritas por Detmann et al. (2012).

O ensaio de digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) foi realizado conforme a metodologia proposta pela ANKOM Daisy Incubator (Ankom[®] Technology Corporation, Fairport, NY) e descrita por Holden (1999). O material foi

incubado (0,5 g de amostra) utilizando-se Filter bags ANKOM F57[®], adaptados ao rúmen artificial, desenvolvido pela ANKOM[®].

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo com a equação: $NDT_{Test} = PBD + FDN_{cpD} + CNFD + (2,25 \times AGD) - 7$, proposta pelo NRC (2001), em que: PBD corresponde à proteína bruta digestível, FDN_{cpD} à fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína digestível, CNFD aos carboidratos não fibrosos digestíveis, AGD ácidos graxos digestíveis, e o valor 7 refere-se ao NDT fecal metabólico, ou seja, à correção utilizada, uma vez que as frações digestíveis dos alimentos, consideradas para o cálculo do NDT, referem-se à digestibilidade verdadeira. Para o cálculo da %CNFD, utilizou-se a seguinte equação: $\%CNFD = 0,98 \times [100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_p + \%MM)]$. Para o cálculo da %PBD, foi utilizada a equação para alimentos volumosos: $\%PBD = \%PB \times \exp[-1,2 \times (\%PIDA/\%PB)]$. Para o cálculo de porcentagem de ácidos graxos digestíveis (AGD), foram utilizadas as seguintes equações: $\%AGD = \%EE - 1$, para $\%EE > 1$, sendo que, para alimentos com teores de $\%EE < 1$, $AGD = 0$. Para o cálculo de %FDND, utilizou-se a expressão: $\%FDND = 0,75 \times (\%FDN_p - \%LIG) \times [1 - (\%LIG/\%FDN_p)^{0,667}]$.

Os dados foram analisados por meio de análises de variância e regressão do programa estatístico SAS (versão 9.3). As equações foram escolhidas com base nos seus coeficientes de determinação e na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t. Adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

Verificou-se temperatura inicial mais elevada na casca de café tratada, permanecendo até o período de 12 horas, quando comparada à casca não tratada, nas diferentes condições de ambiente. A maior temperatura, 43,36 °C, foi registrada na casca de café tratada em condição de anaerobiose, possivelmente, devido à maior

retenção de calor obtido da reação (Figura 1). Vale ressaltar que, após homogeneização da cal com a casca, até o estabelecimento da condição de anaerobiose, levaram-se aproximadamente 20 minutos. Deste modo, o maior tempo de reação inicial, favoreceu para maior liberação de calor, o que pode justificar o valor da temperatura observado no tempo zero para o tratamento da casca em condição de anaerobiose.

No processo de hidrólise com cal virgem, ocorre a formação de uma base forte, o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), por meio de uma reação exotérmica que pode ser constatada pelo aumento da temperatura durante o tratamento do material. À medida que o tempo passa, ocorre decréscimo na temperatura, tendendo a manter-se constante (Domingues et al., 2011). Aumento de temperatura também foi registrado por Domingues et al. (2011) e Romão et al. (2013), após submeterem a cana-de-açúcar ao tratamento com óxido de cálcio.

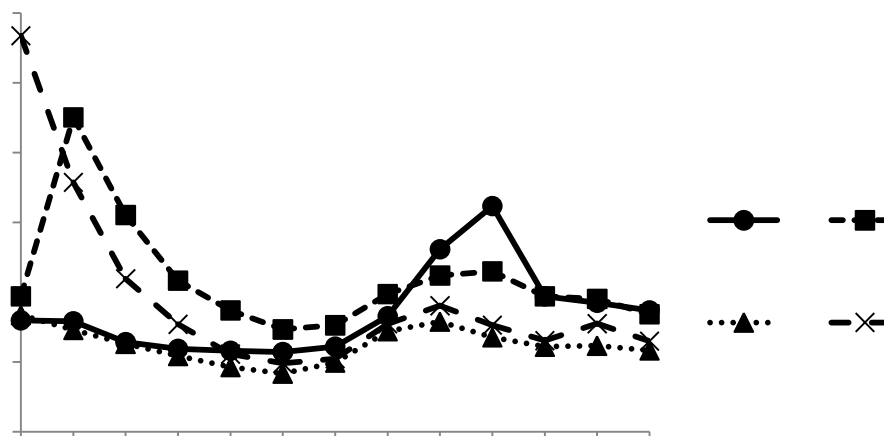


Figura 1. Valores de temperatura da casca de café, tratada ou não tratada, em condição de aerobiose ou anaerobiose. CAE0CaO: condição de aerobiose, 0% de CaO; CAE5CaO: condição de aerobiose, 5% de CaO; CAN0CaO: condição de anaerobiose, 0% de CaO; CAN5CaO: condição de anaerobiose, 5% de CaO.

A partir das 18 horas, foi verificada elevação da temperatura da casca não tratada (CAE0CaO) e tratada (CAE5CaO), em condição de aerobiose, atingindo o pico

de 31,16 °C e 26,50 °C em 168 horas, respectivamente. Posteriormente, ocorreu redução da temperatura, com tendência à estabilização até 672 horas (Figura 1). Essa elevação da temperatura, possivelmente, está associado ao desenvolvimento de micro-organismos espoliadores (mofos e leveduras) (Figura 2), os quais, no processo decomposição do substrato, produzem calor (Santos, 2007). Essa hipótese pode ser confirmada para a casca não tratada, em condição de aerobiose, na qual se verificou aumento na contagem de mofos e leveduras até 1,05 semanas, atingindo o valor máximo de 9,56 LogUFC/g (Figura 2; Tabela 2). Para a casca de café tratada e não tratada, em condição de anaerobiose, também foi verificado elevação da temperatura a partir das 18 horas até 24 horas, com posterior redução, e tendência à estabilização até 672 horas.

A razão de monitorar a temperatura em materiais tratados com agentes alcalinos, que no momento da reação promovem elevação da temperatura, ampara-se no fato de que esta variável pode influenciar negativamente o consumo de matéria seca, comprometendo o desempenho animal. Após tratarem a cana-de-açúcar com óxido de cálcio, Moraes et al. (2008) verificaram redução significativa do consumo de matéria seca, registrando valores de 3,44 kg MS/dia e 4,18 kg MS/dia para as novilhas alimentas com dietas contendo cana hidrolisada com CaO e cana in natura, respectivamente. Estes autores ressaltam que uma das hipóteses para o prejuízo no consumo dos nutrientes seria a alta temperatura (valor não demonstrado pelos autores) da cana-de-açúcar tratada, em comparação à cana in natura, picada no momento do fornecimento.

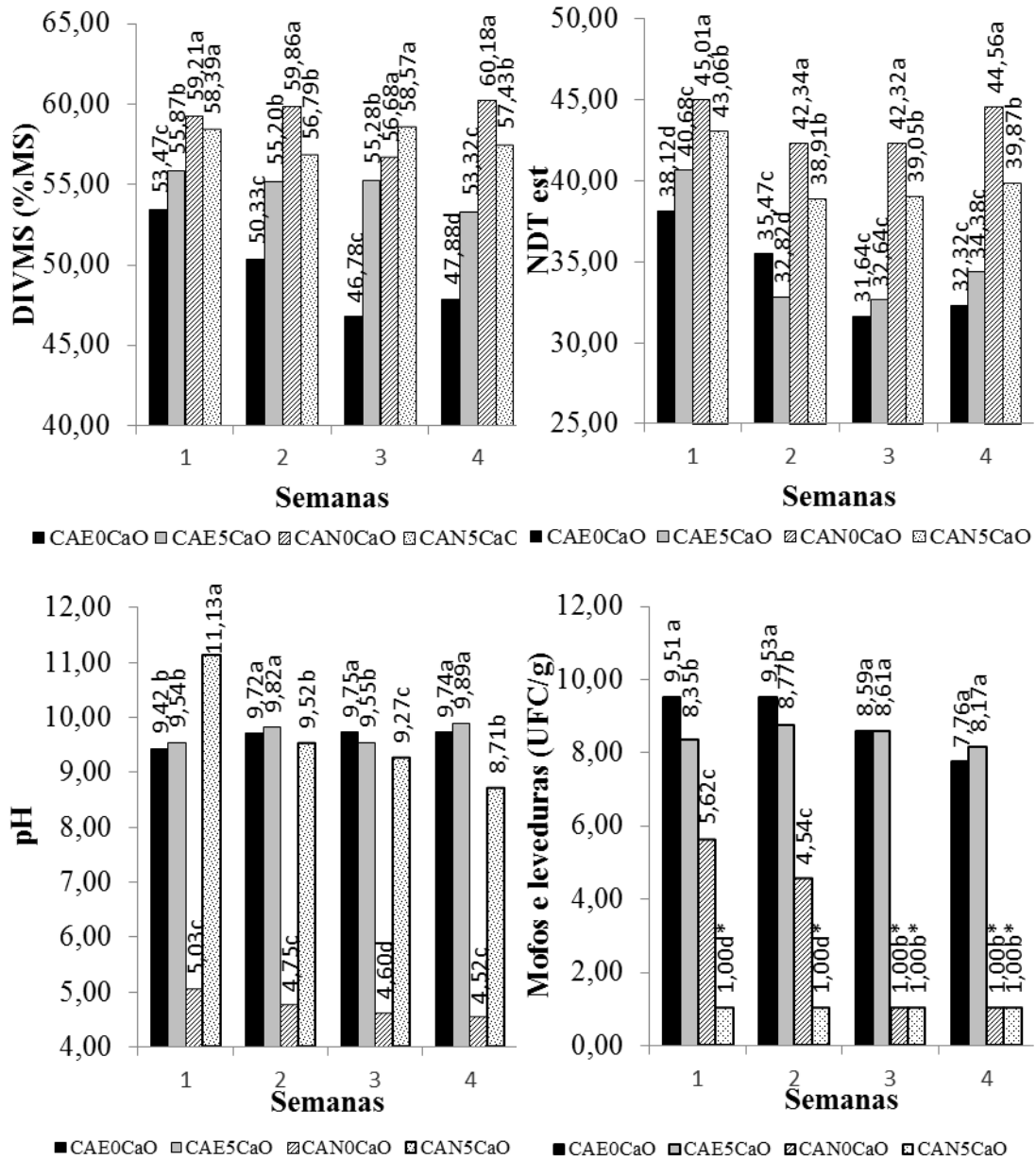


Figura 2. Valores de digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), nutrientes digestíveis totais (NDT), pH, mofos e leveduras da casca de café não tratada e tratada em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento. CAE0CaO: condição de aerobiose, 0% de CaO; CAE5CaO: condição de aerobiose, 5% de CaO; CAN0CaO: condição de anaerobiose, 0% de CaO; CAN5CaO: condição de anaerobiose, 5% de CaO. * < 1Log UFC/g.

Tabela 2. Equações de regressão e coeficientes de determinação das variáveis afetadas pela interação CaO × condição de ambiente × período da casca de café, tratada ou não tratada, em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento.

Variável ⁽¹⁾	Condição de aerobiose sem CaO	Condição de aerobiose com CaO	Condição de anaerobiose sem CaO	Condição de anaerobiose com CaO
Mofos e leveduras (LogUFC/g)	$Y=9,33 + 0,447x - 0,2133x^2$ (R ² =0,95)	$Y= 7,58 + 1,00x - 0,2141x^2$ (R ² =0,84)	$Y= 8,75 - 3,095x + 0,271x^2$ (R ² =0,90)	$Y= 1,00$
pH	$Y= 9,03 + 0,475x - 0,075x^2$ (R ² =0,94)	$Y= 7,53 + 3,27x - 1,455x^2 + 0,196x^3$ (R ² =0,92)	$Y= 5,408 - 0,043x + 0,053x^2$ (R ² =0,98)	$Y= 12,85 - 2,06x + 0,26x^2$ (R ² =0,94)
EE	$Y = 1,47 - 0,82x + 0,156x^2$ (R ² =0,88)	$Y = 0,096 + 0,26x - 0,036x^2$ (R ² =0,80)	$Y = 1,32 - 0,20x + 0,049x^2$ (R ² =0,60)	$Y = 0,76 - 0,036x$ (R ² =0,54)
FDNcp	$Y = 50,75 + 5,71x - 1,15x^2$ (R ² =0,94)	$Y = 47,20 + 2,14x - 0,61x^2$ (R ² =0,55)	$Y = 48,27 + 3,39x - 0,69x^2$ (R ² =0,74)	$Y = 36,78 + 16,419x - 7,425x^2 + 0,9917x^3$ (R ² =0,80)
HEM	$Y= 8,96 + 2,89x - 0,61x^2$ (R ² =0,74)	$Y = 9,32 - 1,46x$ (R ² =0,92)	$Y = 9,99 + 2,82x - 0,50x^2$ (R ² =0,60)	$Y = 9,18 + 0,93x - 0,29x^2$ (R ² =0,63)
LIG	$Y = 15,57 + 1,20x$ (R ² =0,86)	$Y = 9,92 + 4,32x - 0,72x^2$ (R ² =0,95)	$Y = 10,87 + 3,28x - 0,66x^2$ (R ² =0,92)	$Y = 10,38 + 1,80x - 0,36x^2$ (R ² =0,68)
NIDN	$Y = 44,50 - 5,01x + 0,63x^2$ (R ² =0,92)	$Y = 38,16 - 5,69x + 0,99x^2$ (R ² =0,76)	$Y = 38,16 - 3,83x + 0,76x^2$ (R ² =0,60)	$Y = 37,88$
NIDA	$Y = 27,31 - 0,27x + 0,32x^2$ (R ² =0,75)	$Y = 27,36$	$Y = 43,21 - 27,90x + 11,09x^2 - 1,34x^3$ (R ² =0,91)	$Y = 31,07 - 5,78 + 1,42$ (R ² =0,84)
DIVMS	$Y = 59,99 - 7,32x + 1,06x^2$ (R ² =0,90)	$Y = 55,18 + 0,87x - 0,33x^2$ (R ² =0,58)	$Y = 59,73$	$Y = 69,69 - 18,26x + 7,99x^2 - 1,05x^3$ (R ² =0,69)
NDT	$Y = 43,86 - 6,29x + 0,833x^2$ (R ² =0,93)	$Y = 51,90 - 13,91x + 2,40x^2$ (R ² =0,81)	$Y = 50,03 - 6,27x + 1,226x^2$ (R ² =0,89)	$Y = 48,79 - 7,15x + 1,242x^2$ (R ² =0,84)

⁽¹⁾EE, extrato etéreo. FDNcp, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. HEM, hemicelulose. LIG, lignina. NIDN, nitrogênio insolúvel em detergente neutro. NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente ácido. DIVMS, digestibilidade in vitro da matéria seca. NDT, nutrientes digestíveis totais. UFC, unidades formadoras de colônia.

Ao avaliar as variáveis de composição química, verificou-se que a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e carboidratos não fibrosos (CNF), foram afetados ($P < 0,05$) pela interação $\text{CaO} \times$ condição de ambiente (Tabela 3; Tabela 4). Para o teor de MS, observou-se que a casca de café tratada apresentou valor superior ($P < 0,05$), quando comparada à não tratada, nas diferentes condições de ambiente (Tabela 4). Essa elevação é atribuída ao alto teor de MS da cal microprocessada, a qual foi utilizada como fonte de CaO no tratamento da casca.

O menor teor de PB, 10,75%, foi registrado quando a casca de café foi submetida ao tratamento com CaO em condição de anaerobiose (Tabela 4). De acordo com Sampaio et al. (2010), 10% de PB é um nível que otimiza a utilização de substratos energéticos de volumosos e favorece condições para que os micro-organismos ruminais apresentem plena capacidade de degradação dos substratos fibrosos.

A elevação da PB nos demais tratamentos pode ser atribuída à contribuição da proteína microbiana presente no material, sendo que, na casca tratada em condição de anaerobiose, foi verificada reduzida atividade microbiológica (mofos e leveduras) (Figura 3).

Observou-se que o tratamento da casca de café com CaO promoveu redução ($P < 0,05$) das frações FDNi e FDA, nos diferentes ambientes, com menores valores registrados em condição de anaerobiose, 35,71% e 42,41%, para FDNi e FDA, respectivamente (Tabela 4). Esse efeito, provavelmente, foi devido à ação hidrolítica do álcali utilizado, nas ligações existentes entre os constituintes da parede celular. Carvalho et al. (2009), após tratarem bagaço de cana-de-açúcar com diferentes doses de CaO (0; 1,25; 2,5 e 3,75% base da MS), também verificaram redução do teor de FDA.

Tabela 3. Médias de quadrados mínimos, P- valor e erro padrão das médias (EPM) para as variáveis composição química, pH e mofos e leveduras, da casca de café tratada ou não tratada em condição de ambiente em aerobiose (CAE) ou anaerobiose (CAN), em diferentes períodos de tratamento (P).

Item ⁽¹⁾	CaO		Condição de ambiente (CA)		Período (semanas)				EPM	P valor						
	0	5	CAE	CAN	1	2	3	4		CaO	CA	P	CaO×CA	CaO×P	CA×P	CaO×CA×P
MS (%)	46,90	50,07	48,20	48,77	49,06	48,61	47,91	48,36	0,261	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,40
PB (%MS)	12,92	11,45	13,03	11,34	11,86	12,24	12,65	12,00	0,272	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,16
NIDN (%NT)	35,50	34,62	34,03	36,10	36,49	35,33	33,78	34,65	0,423	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
NIDA (%NT)	26,09	27,33	28,20	25,22	26,62	25,31	26,75	28,17	0,397	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	<0,01
EE(%MS)	0,87	0,58	0,53	0,92	0,77	0,65	0,72	0,76	0,043	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CNF (%MS)	21,78	22,74	19,20	25,32	24,85	20,76	20,81	22,61	0,568	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,47
FDNcp (%MS)	54,00	47,44	52,22	49,22	50,36	51,95	50,71	49,85	0,567	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
FDNi (%MS)	46,10	38,80	46,44	38,45	40,91	42,00	43,21	43,68	1,095	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,62	<0,01	0,32
FDA (%MS)	47,47	45,13	49,80	42,80	45,67	46,17	46,38	46,99	0,572	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,55
HEM(%MS)	12,45	7,52	8,66	11,32	10,27	10,67	10,02	8,99	0,444	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CEL (%MS)	30,96	30,77	32,34	29,38	31,59	30,88	29,94	31,03	0,300	0,27	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,20
LIG (%MS)	16,36	13,74	16,93	13,17	13,85	15,25	15,87	15,24	0,368	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DIVMS (%MS)	54,67	56,36	52,27	58,76	56,73	55,55	55,08	54,70	0,601	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
MM (%MS)	10,43	17,80	15,03	13,19	12,16	14,40	15,10	14,78	0,593	<0,01	<0,01	<0,01	0,72	<0,01	<0,01	0,14
NDT(%MS)	38,97	37,68	34,76	41,90	41,72	37,39	36,41	37,78	0,657	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pH	7,19	9,68	9,69	7,19	8,78	8,45	8,29	8,22	0,321	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mofos e leveduras(UFC/g)	5,94	4,74	8,66	2,02	6,12	5,96	4,80	4,48	0,521	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

⁽¹⁾MS, matéria seca. PB, proteína bruta. NIDN, nitrogênio insolúvel em detergente neutro em porcentagem do nitrogênio total. NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente ácido em porcentagem do nitrogênio total EE, extrato etéreo.CNF, carboidratos não fibrosos. FDNcp, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína. FDNi, fibra em detergente neutro indigestível. FDA, fibra em detergente ácido. HEM, hemicelulose. CEL, celulose. LIG, lignina. DIVMS, digestibilidade in vitro da matéria seca.MM, matéria mineral. NDT, nutrientes digestíveis totais. UFC, unidades formadoras de colônia.

Tabela 4. Médias de quadrados mínimos da interação CaO × condição de ambiente para as variáveis da composição química da casca de café, tratada ou não tratada, em diferentes períodos de tratamento.

CaO (%)	Condição de ambiente	
	Aerobiose	Anaerobiose
	Matéria seca (%)	
0	46,40Bb	47,41Ba
5	50,00Aa	50,14Aa
	Proteína bruta (%MS)	
0	13,90Aa	11,95Bb
5	12,16Bb	10,75Aa
	Fibra em detergente neutro indigestível (%MS)	
0	51,00Aa	41,20Ab
5	41,88Ba	35,71Bb
	Fibra em detergente ácido (%MS)	
0	51,75Ba	43,19Bb
5	47,85Aa	42,41Ab
	Celulose (%MS)	
0	33,09Aa	28,81Ab
5	31,58Ba	29,95Bb
	Carboidratos não fibrosos (%MS)	
0	17,79Bb	25,76Aa
5	20,60Ab	24,88Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo LSMEANS.

Quanto ao teor de CEL, observa-se que a utilização de CaO na casca de café promoveu redução desta fração apenas em condição de aerobiose, quando comparada à casca não tratada (Tabela 4). De acordo com Jackson (1977), a celulose não é dissolvida, mas se expande quando tratada com agentes alcalinos, o que reduz a resistência das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio. Este autor ressalta, ainda, que a proporção de celulose nos resíduos tratados é maior que naqueles não tratados. Neste estudo, esse comportamento foi observado apenas em anaerobiose, no qual a casca tratada apresentou valor de 29,95%, ao passo que a casca não tratada 28,81%.

Ao avaliar a fração CNF, observa-se que a utilização de CaO promoveu aumento ($P < 0,05$) da mesma, apenas na condição de aerobiose, com valores de 20,60% e 17,79% para a casca de café tratada e não tratada, respectivamente (Tabela 4). Provavelmente, o maior teor de PB, associado ao elevado teor de FDNcp, observados no material não tratado, em aerobiose, contribuíram para a redução da fração CNF, uma vez que esta é

obtida por diferença (Figura 2; Tabela 4). Macedo et al. (2011) também verificaram aumento na fração CNF, após tratarem a cana-de-açúcar com 1% de CaO, base da matéria natural (MN), registrando valores de 33,70% e 30,60%, para cana tratada e não tratada, respectivamente. Não foi constatada diferença significativa ($P>0,05$) para essa variável, entre a casca tratada e não tratada em condição de anaerobiose (Tabela 4).

Quanto as diferentes condições de ambiente, verificou-se que a condição de anaerobiose proporcionou redução ($P<0,05$) das frações FDNi, FDA, CEL e aumento da fração CNF, quando comparada a condição de aerobiose, para a casca de café tratada e não tratada (Tabela 4). Provavelmente, por constituir-se um ambiente menos favorável para o desenvolvimento de micro-organismos deterioradores, a exemplo de mofos e leveduras, que podem comprometer a qualidade nutricional do alimento (Figura 2). Segundo McDonald et al. (1991), em condições aeróbicas, as leveduras crescem muito rapidamente, consumindo partes dos nutrientes presentes no substrato, ocasionando deterioração do material.

Quando se avaliaram os efeitos da interação CaO \times período, observou-se, nas diferentes semanas, teor de MS superior ($P<0,05$) para a casca de café tratada, quando comparada à não tratada (Tabela 5). Acredita-se que essa elevação ocorreu devido ao alto teor de MS da cal micropulverizada utilizada para o tratamento da casca. Carvalho et al. (2009) não verificaram efeito na adição de CaO ao bagaço de cana, nem da interação CaO \times período de tratamento, sobre o teor de MS. Estes autores verificaram efeito, apenas, para o período de tratamento, registrando valores de 39,30% e 45,80%, nos períodos 12 e 36 horas, respectivamente. O maior tempo do bagaço de cana em exposição ao ar justifica a elevação do teor de MS, ressaltam os autores.

Quanto ao teor de PB, os maiores valores ($P<0,05$) foram registrados para a casca de café não tratada, quando comparada à tratada, nas semanas avaliadas (Tabela 5). O mesmo comportamento foi observado por Oliveira et al. (2008), após tratarem a

cana com CaO (0,5% da MN), registrando valor de 2,52% de PB para a cana tratada, ao passo que, para a cana não tratada, valor de 2,72%.

Tabela 5. Médias de quadrados mínimos da interação CaO × período para as variáveis de composição química da casca de café tratada ou não tratada, em diferentes períodos de tratamento.

CaO (%)	Período (semanas)				Efeito ⁽¹⁾		
	1	2	3	4	L	Q	C
	Matéria seca (%)						
0	47,36b	47,49b	46,11b	46,64b	0,04 ⁽²⁾	ns	ns
5	50,77a	49,72a	49,70a	50,08a	ns	0,01 ⁽³⁾	0,04
	Proteína bruta (%MS)						
0	12,44a	13,00a	13,35a	12,90a	ns	ns	ns
5	11,28b	11,48b	11,95b	11,09b	ns	ns	ns
	Fibra em detergente ácido (%MS)						
0	47,50a	47,13a	47,87a	47,36a	ns	ns	ns
5	43,83b	45,20b	44,87b	46,61b	ns	ns	ns
	Celulose (%MS)						
0	32,42a	31,12a	29,96a	30,33a	ns	ns	ns
5	30,76b	30,63b	29,95a	31,73b	ns	ns	ns
	Matéria mineral (%MS)						
0	9,55b	10,34b	11,00b	10,82b	0,03	0,04 ⁽⁴⁾	ns
5	14,78a	18,47a	19,19a	18,74a	0,01	0,01 ⁽⁵⁾	0,01

ns, não significativo. ⁽¹⁾L, Efeito linear. Q, Efeito quadrático. C, Efeito cúbico. ⁽²⁾ $\hat{Y}=47,79-0,35x$ $R^2=0,16$. ⁽³⁾ $\hat{Y}=52,37-1,99x+0,36x^2$ $R^2=0,46$. ⁽⁴⁾ $\hat{Y}=8,09+1,66x-0,24x^2$ $R^2=0,25$. ⁽⁵⁾ $\hat{Y}=9,46+6,45x-1,03x^2$ $R^2=0,65$. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS ($P>0,05$).

Efeitos positivos no teor de PB, em materiais tratados, ocorrem quando se utilizam agentes alcalinos que são fontes de nitrogênio, a exemplo da ureia e amônia anidra. Carvalho et al. (2006) registraram valores de 3,78% e 9,91% de PB, para o bagaço de cana-de-açúcar não tratado e tratado com ureia (50 g kg⁻¹ na MS), respectivamente.

O processo de tratamento químico em resíduos exerce, como principal efeito, a redução dos constituintes da parede celular do volumoso. Neste estudo, evidencia-se que a utilização de CaO promoveu redução ($P<0,05$) da fração FDA da casca tratada, quando comparada à não tratada, nos diferentes períodos de tratamento (Tabela 5). Trach et al. (2001) verificaram redução de 1,6 pontos percentuais na fração FDA, após o tratamento da palhada de arroz com CaO (60 g kg⁻¹ na MS), comprovando, deste modo, a ação efetiva do álcali utilizado no tratamento.

Verificou-se, também, que a utilização de CaO, elevou ($P < 0,05$) o teor de matéria mineral (MM) da casca de café tratada, quando comparada à não tratada, nas semanas 1, 2, 3 e 4 (Tabela 5). Este resultado é devido à cal micropulverizada se constituir uma fonte de mineral, principalmente de cálcio. Resultado semelhante, foi demonstrado por Macedo et al. (2011) e Murta et al. (2011); após tratarem a cana-de-açúcar com cal.

Ao se avaliar o fator período nas diferentes doses de cal, observou-se efeito ($P < 0,05$) apenas para as variáveis MS e MM, para a casca tratada e não tratada (Tabela 5).

Na Tabela 6, são apresentados os resultados das variáveis que foram afetadas pela interação condição de ambiente \times período. Observou-se que, à exceção da semana 3, o teor de MS da casca de café não diferiu ($P > 0,05$) entre as diferentes condições de ambiente.

Tabela 6. Médias de quadrados mínimos da interação condição de ambiente \times período para as variáveis de composição química da casca de café, tratada ou não tratada, em condição de aerobiose ou anaerobiose.

Condição de ambiente	Período (semanas)				Efeito ⁽¹⁾		
	1	2	3	4	L	Q	C
	Matéria seca (%)						
Aerobiose	49,02a	48,47a	47,18b	48,12a	ns	ns	ns
Anaerobiose	49,11a	48,74a	48,64a	48,60a	ns	ns	ns
	Proteína bruta (%MS)						
Aerobiose	12,48a	13,16a	13,74a	12,74a	ns	ns	ns
Anaerobiose	11,24b	11,33b	11,56b	11,25b	ns	ns	ns
	Fibra em detergente neutro indigestível (%MS)						
Aerobiose	43,56a	45,89a	47,62a	48,70a	ns	ns	ns
Anaerobiose	38,26b	38,10b	38,80b	38,66b	ns	ns	ns
	Fibra em detergente ácido (%MS)						
Aerobiose	48,31a	50,39a	49,69a	50,82a	ns	ns	ns
Anaerobiose	43,03b	41,94b	43,09b	43,15b	ns	ns	ns
	Celulose (%MS)						
Aerobiose	32,94a	33,73a	30,87a	31,83a	0,024	ns	0,001 ⁽²⁾
Anaerobiose	30,25b	28,02b	29,03b	30,22b	ns	0,034 ⁽³⁾	0,036
	Matéria mineral (%MS)						
Aerobiose	12,57a	15,00a	16,31a	16,23a	ns	ns	ns
Anaerobiose	11,76b	13,80b	13,88b	13,33b	ns	ns	ns

ns, não significativo. ⁽¹⁾L, Efeito linear. Q, Efeito quadrático. C, Efeito cúbico. ⁽²⁾ $\hat{Y} = 20,98 + 20,03x - 9,32x^2 + 1,25x^3$ $R^2 = 0,52$. ⁽³⁾ $\hat{Y} = 33,42 - 4,18x + 0,85x^2$ $R^2 = 0,42$. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS ($P > 0,05$).

Quanto à MM, foram verificados valores superiores ($P < 0,05$) para casca de café em condição de aerobiose, em todas as semanas. Comportamento semelhante foi observado para os teores de PB, FDNi, FDA e CEL, os quais foram superiores ($P < 0,05$) para a casca de café em condição de aerobiose, quando comparado a condição de anaerobiose (Tabela 6). Possivelmente, a maior atuação de mofos e leveduras, na casca de café no ambiente aeróbico, durante as semanas avaliadas (Figura 3), contribuiu para a elevação da PB da casca de café (incorporação da proteína microbiana), bem como para elevação na participação de constituintes da parede celular, após consumirem compostos solúveis.

Ao avaliar o fator período dentro de cada condição de ambiente, verificou-se que apenas a variável CEL apresentou efeito durante as semanas avaliadas. Para a casca em condição de aerobiose, observou-se efeito cúbico, ao passo que, em condição de anaerobiose, verificou-se efeito quadrático, com redução da CEL até 2,82 semanas, atingindo o valor de 28,39%, com posterior acréscimo no valor dessa variável (Tabela 6).

Verificou-se que as variáveis EE, FDNcp, HEM, LIG, DIVMS e NDT foram afetadas ($P < 0,05$) pela interação CaO \times condição de ambiente \times período (Tabela 3). Nas semanas 1, 2, 3 e 4 foram verificados, para a casca de café tratada, menores teores de FDNcp e HEM, quando comparados com a casca de café não tratada, na condição de aerobiose e anaerobiose (Figura 3). O agente alcalino, provavelmente, rompeu ligações entre os constituintes da parede celular. Assim, aumentou a participação de compostos solúveis em detergente neutro (Chaudhry, 1988).

Observou-se, ainda, que o teor de HEM, para a casca tratada em condição de aerobiose (CAE5CaO), apresentou efeito linear negativo no decorrer das semanas. Possivelmente, associado ao efeito do agente alcalino, a ação de mofos contribuiu para redução desta fração (Tabela 2; Figura 3). McDonald et al. (1991) destacaram que o

substrato utilizado para respiração depende do tipo de micro-organismo, sendo que leveduras consomem apenas compostos solúveis (açúcares e produtos da fermentação), enquanto mofos degradam uma ampla variedade de nutrientes, inclusive carboidratos estruturais e lignina.

Quanto ao teor de LIG, observou-se efeito quadrático para a casca tratada em condição de aerobiose (CAE5CaO), casca não tratada (CAN0CaO) e tratada em condição de anaerobiose (CAN5CaO), atingindo o máximo em 3; 2,48 e 2,5 semanas, com valores de 16,40; 14,94 e 12,63%, respectivamente (Tabela 2). Foi constatado, ainda, que, nas diferentes semanas, a casca de café tratada em condição de anaerobiose apresentou os menores valores ($P < 0,05$) de LIG, quando comparados aos demais (Figura 3).

A aplicação de álcalis é feita pelo fato da lignina ser susceptível ao ataque hidrolítico dos mesmos, sendo parte da lignina dissolvida durante o tratamento (Goto & Yokoe, 1996). Chaudhy (2000) observou redução significativa do teor de LIG, após o tratamento da palhada de trigo com CaO (160 g kg^{-1} na MS), registrando valores de 10,40% e 9,2% para a palhada não tratada e tratada, respectivamente. Trach et al. (2001) verificaram o mesmo comportamento, com redução significativa de 1,30 pontos percentuais no teor de LIG, após tratarem a palhada de arroz com CaO (60 g kg^{-1} na MS).

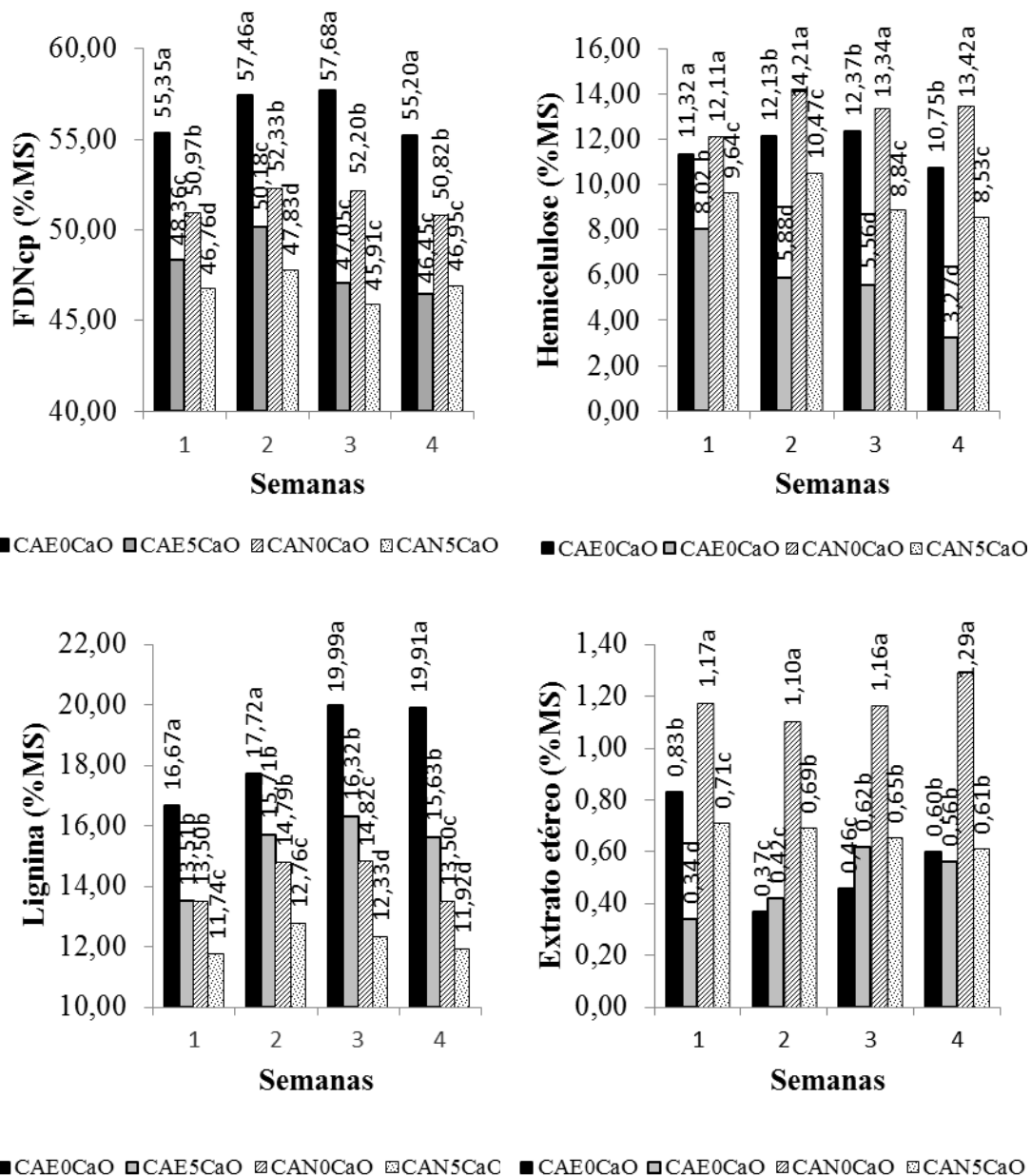


Figura 3. Valores da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), hemicelulose, lignina e extrato etéreo da casca de café não tratada e tratada, em condição de aerobiose ou anaerobiose, em diferentes períodos de tratamento. CAE0CaO: condição de aerobiose, 0% de CaO; CAE5CaO: condição de aerobiose, 5% de CaO; CAN0CaO: condição de anaerobiose, 0% de CaO; CAN5CaO: condição de anaerobiose, 5% de CaO.

Normalmente, o efeito do tratamento químico em volumosos fibrosos é estimado pela mensuração da digestibilidade por meio da incubação com conteúdo ruminal in vitro ou in situ (Kolankaya et al., 1984). No presente estudo, ao avaliar a DIVMS no decorrer das semanas, verificou-se efeito quadrático para a casca não tratada em

condição de aerobiose, com redução do valor dessa variável até 3,45 semanas. Para a casca de café tratada em condição de aerobiose, foi constatado aumento do valor de DIVMS até 1,32 semanas, atingindo valor de 55,76%, com posterior redução. A casca de café tratada em condição de anaerobiose apresentou efeito cúbico para esta variável (Tabela 2). Shreck (2013), após tratar diferentes resíduos culturais (50% MS) com CaO (50 g kg⁻¹ na MS), em condição de anaerobiose, em diferentes períodos de reação (7, 14 e 28 dias), observou que o sabugo de milho apresentou menor DIVMS em 28 dias (44,5%) em comparação com sete dias (47,3%) ou 14 dias (47,4%) de reação. Para palhada de trigo, registrou valores de 42,2; 46,8 e 44,6% e, para palhada de milho 39,8; 38,5 e 39,6%, para sete, 14 e 28 dias, respectivamente. O autor, em conclusão, ressalta que o tratamento de volumosos fibrosos com CaO parece ser um processo rápido.

Foi verificado efeito quadrático para o teor de NDT da casca de café em CAE0Ca, CAE5CaO, CAN0CaO e CAN5CaO, havendo redução dessa variável até 3,72; 2,90; 2,56 e 2,88 semanas, respectivamente (Tabela 2). Verificou-se, ainda, que a casca de café não tratada, em condição de anaerobiose, apresentou valores superiores (P<0,05) de NDT, nas semanas 1, 2, 3 e 4, quando comparada aos demais tratamentos (Figura 2), bem como valores superiores de EE (Figura 3). Possivelmente, o teor de EE contribui para a elevação do valor de NDT, o qual foi obtido pela equação proposta pelo NRC (2001), na qual, para o cálculo de %AGD (ácidos graxos digestíveis), são utilizadas as seguintes equações: %AGD = %EE - 1, para %EE > 1, sendo que, para alimentos com teores de EE < 1, AGD = 0.

Ao se avaliarem as variáveis pH, mofos e leveduras, observou-se que estas foram afetadas (P<0,05) pela interação CaO × condição de ambiente × período (Tabela 2).

De fato, estudos demonstram que a aplicação de agentes alcalinizantes, a exemplo de CaO, promove elevação significativa do pH no material tratado (Oliveira et

al., 2008; Geron et al., 2010; Domingues et al., 2011). No presente estudo, esse comportamento foi observado, apenas na primeira semana, para a casca tratada em condição de anaerobiose, com valor de 11,13, o qual diferiu ($P < 0,05$) dos demais (Figura 2). Os valores de pH registrados para a casca tratada (CAE5CaO) e não tratada (CAE0CaO), em condição de aerobiose, foram semelhantes ($P > 0,05$) durante as semanas, com exceção da terceira semana. Os menores valores de pH observados ($P < 0,05$) foram 5,03; 4,75; 4,60 e 4,52, nas semanas 1; 2; 3 e 4, para a casca de café não tratada, em condição de anaerobiose, respectivamente (Figura 2).

Ao se avaliar o efeito do pH no decorrer das semanas, observou-se efeito quadrático para a casca de café não tratada e tratada, em condição de anaerobiose, havendo redução do pH até 0,40 e 3,96 semanas, atingindo o pH de 5,40 e 8,77, respectivamente. A partir desses pontos, observou-se acréscimo no valor desta variável (Tabela 2). Possivelmente a redução do pH, obtida na casca de café não tratada, em condição de anaerobiose, pode estar associada à atividade dos micro-organismos, a exemplo de bactérias lácticas, não quantificadas no estudo. Domingues et al. (2011) ressaltaram que, ao se desenvolverem nos diferentes substratos, os micro-organismos consomem os nutrientes ali presentes, produzindo ácidos orgânicos, os quais ocasionam redução do pH.

Para a casca de café não tratada, em condição de aerobiose, foi verificado aumento do pH até 3,17 semanas, atingindo o pH máximo de 9,78. O tratamento da casca de café com CaO em condição aeróbica apresentou, para esta variável, efeito cúbico (Tabela 2).

Bem como a temperatura, o pH é considerado uma variável que pode influenciar negativamente no consumo de nutrientes em materiais tratados, uma vez que este pode alterar a aceitabilidade do alimento. No presente estudo, não foi alcançado, para a casca de café tratada, nas diferentes condições de ambiente, um padrão de neutralidade no

material. Fato este que deve ser considerado no momento de incluir este volumoso tratado em dietas de ruminantes, de modo a não afetar negativamente o consumo de nutrientes e, conseqüentemente, o desempenho dos animais. Tal comportamento foi observado por Moraes et al. (2008), que, após tratarem a cana-de-açúcar com CaO (1% CaO na MN), durante 24 horas, verificaram pH alcalino, o que proporcionou redução da aceitabilidade e, conseqüentemente, limitou o consumo do volumoso tratado, ocasionando menor desempenho dos animais que consumiram a cana-de-açúcar tratada com esse agente alcalino.

Verificou-se, para a casca de café não tratada e tratada, em aerobiose, aumento da contagem de mofo e leveduras até 1,05 e 2,33 semanas, atingindo o valor máximo de 9,56 e 8,75 LogUFC/g, com posterior redução, respectivamente (Tabela 2). Deste modo, pode-se inferir que o CaO atua como agente fungistático, reduzindo a contagem de mofo e leveduras, conservando o material tratado por períodos mais longos. Domingues et al. (2011), ao avaliarem a estabilidade aeróbia da cana hidrolisada com diferentes doses de CaO (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% na MN), observaram que as doses de cal foram eficientes para controlar o desenvolvimento de leveduras até as 48 horas iniciais.

McDonald et al. (1991) ressaltaram que as leveduras, em condições aeróbicas, crescem muito rapidamente, e numa ampla faixa de pH, variando entre 3,5 e 6,5. No presente estudo, verificou-se crescimento destes micro-organismos no material com pH superior ao citado pelos autores.

Para a casca de café tratada, em condição de anaerobiose, verificou-se reduzida atividade de mofo e leveduras, apresentando os menores valores ($P < 0,05$) nas semanas avaliadas (Figura 2). A ausência de oxigênio, associada à elevação do pH, acarretou em ambiente menos favorável para o desenvolvimento de micro-organismos. Santos (2007) ressaltou, ainda, que a utilização do CaO, possivelmente, reduz a atividade de água e

aumenta a pressão osmótica do material tratado, dificultando o desenvolvimento de micro-organismos espoliadores.

Conclusões

1. O ambiente anaeróbico constitui-se a melhor condição para tratamento da casca de café com óxido de cálcio, bem como promove melhorias nutricionais na casca de café não tratada.

2. O óxido de cálcio atua como agente fungistático, promove redução dos constituintes da parede celular e aumenta a digestibilidade da matéria seca da casca de café.

3. Uma semana é considerada como o tempo apropriado para hidrólise da casca de café.

Referências

CAMPOS, M.M.; BORGES, A.L.C.C.; LOPES, F.C.F.; PANCOTI, C.G.; REIS e SILVA, R. Degradabilidade in situ da cana-de-açúcar tratada ou não com óxido de cálcio, em novilhas leiteiras Holandês x Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.1487-1492, 2011.

CARVALHO, G.G.P.; CAVALI, J.; FERNANDES, F.E.P.; ROSA, L.O.; OLIVINDO, C.S.; PORTO, M.O.; PIRES, A.J.V.; GARCIA, R. Composição química e digestibilidade da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, p.1346-1352, 2009.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; MAGALHÃES, A.F.; FREIRE, M.A.L.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de uréia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.125-132, 2006.

CHAUDHRY, A.S. In vitro and in situ digestibility of wheat straw treated with calcium oxide and sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide. **Animal Feed Science Technology**, v.74, p.299-311, 1998.

CHAUDHRY, A.S. Rumen degradation in sacco in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. **Animal Feed Science and Technology**, v.83, p.313-323, 2000.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.

DOMINGUES, F.N. **Cana-de-açúcar hidrolisada com doses crescentes de cal virgem e tempos de exposição ao ar para a alimentação de bovinos**. 2009. 93p. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de São Paulo- Jaboticabal.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; MOTA, D.A.; FERREIRA, D.S.; SANTOS, J. Desempenho de novilhas de corte alimentadas com cana hidrolisada. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, p. 8-14, 2012.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P.T.P.; SANTOS, J.; MOTA, D.A. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar in natura hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.715-719, 2011.

GERON, L.J.V.; MIGUEL, G.Z.; MEXIA, A.A.; CRUZ, C.; MARQUART NETO, R.; SCHUMANN, A.M. Composição química, valor de pH e temperatura do bagaço de cana-de-açúcar in natura e hidrolisado com cal (CaO) conservados em mini silos. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.8, p.57- 68, 2010.

GOTO, M. & YOKOE, Y. Ammonization of barley straw. Effect on cellulose crystallinity and water-holding capacity. **Animal Feed Science and Technology**, v. 58, p.239-247, 1996.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

JACKSON, M.G. The alkali treatments of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v. 2, p. 105-130, 1977.

KOLANKAYAN, N.; STEWART, C.S.; DUCAN, S.H.; CHENG, K.J.; COSTERTON, J.W. The effect of ammonia treatment on the solubilization of straw and the growth of cellulolytic rumen bacteria. **Journal of Applied Bacteriology**, v.58, p.371-379, 1984.

MACEDO, T.M.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; LOPES, W.B.; SOARES, C.O. E CHAGAS, D. M.T. Degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da cana de açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.12, p.429-440, 2011.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. New York: Chalcombe Publications, 1991. 339p.

MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; DETMANN, E.; NALON, P.M. Parâmetros nutricionais de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1301-1310, 2008.

MURTA, R.M.; CHAVES, M.A.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F.; ROCHA NETO, A.L.; EUSTÁQUIO FILHO, A.; SANTOS, P.E.F. Desempenho e digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1325-1332, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL -. NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington, 2001. 381p.

OLIVEIRA, M.D.S.; SANTOS, J.; DOMINGUES, A.D.L.; SILVA, T.M.; MOTA, D.A. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v.14, p.9-17, 2008.

PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O. Chemical treatment of roughage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.192-203, 2010.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.V.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; SILVA, F.F.; SILVA, P.A.; VELOSO, C.M. Novilhas alimentadas com bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1078-1085, 2004.

ROMÃO, C.O.; CARVALHO, G.G.P.; LEITE, V.M.; SANTOS, A.S.; CHAGAS, D.M.T.; RIBEIRO, O.L.; PINTO, L.F.B. E OLIVEIRA, R.L. Fracionamento de carboidratos e degradabilidade ruminal da cana--de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, p.537-546, 2013.

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A. de; LAZZARINI, I.; PAULINO, P.V.R.; QUEIROZ, A.C. de. Intake and digestibility in cattle fed low -quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1471-1479, 2010.

SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento de canade-açúcar in natura e ensilada** (Saccharum officinarum L.). 2007. 113p. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo- Piracicaba.

SHRECK, A. L. **Use of alkaline treated crop residues as partial grain replacements for finishing cattle**. 2013. 74p Theses (Doctor)- University of Nebraska – Lincoln.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, 2002. 235p.

TRACH, N.X.; MO, M.; DAN, C.X. Effects of treatment of rice straw with lime and/or urea on responses of growing cattle. **Livestock Rural Development Journal**. v.13, p.134-143, 2001.

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L. AMARAL, H.F.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, A.R.; CAPELLE, E.R. **Tabela brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa, 2010. 502p.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; PREIRA, O.G. Efeito de níveis de uréia sobre o valor nutricional do feno de capim-Tanzânia. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, p. 333-340, 2007.

CAPÍTULO 2

Cinética de degradação ruminal da casca de café tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose

Resumo - Objetivou-se avaliar a cinética de degradação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro da casca de café tratada com óxido de cálcio (CaO), em condição de aerobiose ou anaerobiose. A casca de café foi submetida a duas doses de CaO (0 e 5% base da MS) e duas condições de ambiente para reação (aerobiose e anaerobiose), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Amostras de 5,0 g foram incubadas no rúmen de dois bovinos machos, nos intervalos de tempo 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas. Os parâmetros cinéticos de degradação da matéria seca, à exceção da fração b, a degradabilidade potencial e a degradabilidade efetiva foram afetados ($P < 0,05$) pela interação CaO \times condição de ambiente. Quanto aos parâmetros estimados da degradação da fibra, a fração potencialmente degradável apresentou efeito ($P < 0,05$) para condição de ambiente e CaO. A utilização do CaO promoveu aumento dessa fração em 4,08 pontos percentuais, quando comparada à casca não tratada, e redução de 4,37 pontos percentuais da fração indegradável. A utilização do CaO no tratamento da casca de café promove aumento da degradabilidade efetiva e potencial da matéria seca e redução da fração indegradável da fibra. A condição de anaerobiose constitui-se no melhor ambiente para o tratamento da casca de café com CaO.

Termo para indexação: degradabilidade in situ, resíduo, ruminantes, tratamento alcalino.

Ruminal kinetic degradation of coffee hulls treated with calcium oxide in aerobic or anaerobic condition

Abstract-Ruminal kinetic degradation of dry matter and neutral detergent fiber of coffee hulls treated with 0 and 5% (dry matter basis) levels of calcium oxide under aerobic and anaerobic conditions was evaluated. Samples of 5.0 g of treated coffee hulls were incubated in the rumens of steers during 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 and 120 hours. It were observed to kinetic parameters of dry matter degradation, exception fraction b, that potential and effective degradabilities were affected ($P < 0.05$) by the CaO \times ambient condition interaction. Related to estimated parameters of fiber degradation, the potentially degraded fraction showed effect ($P < 0.05$) to ambient conditions and CaO. The use of CaO promoted increase this fraction in 4.08 percentage points compared to the untreated hulls and reduction of 4.37 percentage points of undegradable fraction. The utilization of CaO to treat coffee hulls promotes an increase in the effective degradability and potential of the dry matter and reduction of undegradable fiber fraction. The anaerobic condition provide a better ambient to treat coffee hulls with CaO.

Index terms: degradability in situ, residue, ruminants, alkali treatment.

Introdução

Em sistemas de produção em pasto, a principal meta é fornecer volumoso de qualidade ao longo do ano. Todavia, considerando o avanço da maturidade e a sazonalidade da produção de forragem em condição tropical, torna-se constante a procura por alimentos durante o período crítico do ano em recurso forrageiro (Ferolla et al., 2007). Nesse sentido, a utilização de resíduos agroindustriais surge como uma alternativa para compor as dietas de ruminantes tanto em sistemas de produção em pasto, como em confinamentos.

A cafeicultura destaca-se por ser uma atividade que contribui com volume elevado de resíduos, dentre estes, a casca obtida pelo método via seca, a qual, face às suas características químicas, apresenta potencial de uso na alimentação de ruminantes (Souza et al., 2006).

Ao descrever a composição química da casca de café, Souza et al. (2006) verificaram, para os constituintes fibrosos, valores de 58,50% e 45,30% de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), com base na matéria seca (MS), respectivamente. Entretanto, Valadares Filho et al. (2010), ao realizarem uma compilação de dados, registraram valores superiores para as mesmas frações, 65,53% de FDN e 50,11% de FDA, com base na MS.

Diferentes álcalis são empregados em volumosos fibrosos com a finalidade de promover solubilização parcial dos constituintes da parede celular e, conseqüentemente, aumento do aproveitamento dos nutrientes. Neste contexto, destaca-se a utilização do óxido de cálcio (CaO), como um tratamento alcalino de baixo custo e mais seguro para manusear, quando comparado a outros álcalis.

Aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica foi observado por Shreck (2013), quando submeteu as palhadas de milho e trigo ao tratamento com CaO

(50 g kg⁻¹ na MS), registrando valores de 34,80% e 42,50%; 33,90% e 49,30%, para a palhada de milho e trigo, não tratada e tratada, respectivamente.

Avaliando alguns volumosos, como palhada de trigo, palhada de milho e gramínea (*Panicum virgatum*), tratados com CaO (50 g kg⁻¹ na MS), em substituição ao milho na dieta de ovinos, Sewell et al. (2009) verificaram que a substituição da palhada não tratada por resíduos de culturas tratados melhora a digestibilidade da dieta, podendo ser adicionados em substituição parcial do milho para cordeiros em crescimento.

Russell et al. (2011), após submeter a palhada de milho ao tratamento com CaO (50 g kg⁻¹ na MS) e fornecer a cordeiros, observaram aumento significativo da digestibilidade da matéria seca, registrando valores de 75,50% e 83,20% para a palhada não tratada e tratada, respectivamente.

Para caracterizar a degradabilidade ruminal dos nutrientes dos alimentos, o AFRC (1995) adotou a técnica de degradação in situ como método padrão, pois este apresenta resultados semelhantes àqueles obtidos pela técnica in vivo. Por meio desta técnica, objetiva-se estimar a taxa de degradação ou o desaparecimento das frações dos alimentos, o que permite o entendimento da dinâmica de degradação e do equilíbrio dos nutrientes disponíveis para os micro-organismos do rúmen.

Face ao exposto, objetivou-se avaliar a cinética de degradação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro da casca de café tratada com óxido de cálcio, em condição de aerobiose ou anaerobiose.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campo Agropecuário e no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, UFV, no Campus de Viçosa. A cidade está localizada na Zona da Mata, estado de Minas Gerais, a 657 m de altitude, geograficamente definida pelas coordenadas 20°45'20'' de

latitude sul e 42°52'40'' de longitude oeste. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação proposta por KÖPPEN, tendo duas estações definidas: seca, de abril a setembro, e águas, de outubro a março. A precipitação média anual é de 1341,2 mm.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2x2, sendo duas doses de CaO (0 e 5% base da matéria seca) e duas condições de ambiente para reação (aeróbica e anaeróbica), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

A casca de café foi adquirida após beneficiamento do café por via seca, numa beneficiadora localizada na região de Viçosa-MG. Após descarregamento, o material foi homogeneizado e retirada uma alíquota para estimar o teor de matéria seca (MS) da casca antes da aplicação dos tratamentos, utilizando-se o método Karl Fischer. Uma segunda alíquota foi retirada, acondicionada em saco de polietileno e congelada para análise da composição química, conforme Detmann et al. (2012), bem como, para contagem de micro-organismos (mofos e leveduras) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química e contagem de mofos e leveduras da casca de café in natura.

Componente	Composição (%)
Matéria seca (%)	88,40
Proteína bruta ⁽¹⁾	10,52
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro ⁽²⁾	40,50
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido ⁽²⁾	20,99
Extrato etéreo ⁽¹⁾	1,12
FDNcp ^{(1)*}	52,47
Fibra em detergente neutro indigestível ⁽¹⁾	44,31
Fibra em detergente ácido ⁽¹⁾	42,76
Celulose ⁽¹⁾	28,18
Hemicelulose ⁽¹⁾	15,78
Lignina ⁽¹⁾	14,50
Carboidratos não fibrosos ⁽¹⁾	27,18
Carboidratos totais ⁽¹⁾	79,65
Cinzas ⁽¹⁾	8,77
Nutrientes digestíveis totais estimados ⁽³⁾	43,45
Mofos e leveduras (LogUFC/g)	8,26

⁽¹⁾Porcentagem da matéria seca. ⁽²⁾Porcentagem do nitrogênio total. ⁽³⁾Estimado segundo NRC (2001).

*Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas.

De posse da informação do teor de MS, foi realizado o ajuste da umidade da casca de café para 50% (Shreck, 2013). Foram pesados 28,10 kg de casca de café, e colocados no chão coberto com lona; em seguida, foram adicionados sobre a casca, 21,90 L de água, com auxílio de regadores manuais, e foi feita homogeneização com enxada.

Posteriormente, foram pesados três quilos de casca de café (50% de umidade), e acondicionados em saco de polietileno, com dimensões de 0,50 x 0,70 m, para compor as unidades experimentais. No tratamento 0% de CaO, foi acondicionada, nos sacos, apenas a casca de café; para o nível 5%, foi adicionada, na casca de café, a cal micropulverizada em pó (5% de CaO base da MS), logo após a pesagem da casca de café; em seguida, a mistura foi homogeneizada. Para a condição de ambiente aeróbico, os sacos foram mantidos abertos durante todo o período experimental e a condição de anaerobiose foi estabelecida utilizando o vácuo da seladora, Eco vacuum 1040, Orved, Italy. As diferentes unidades experimentais foram armazenadas em local protegido à temperatura ambiente, durante sete dias.

Durante todo o período experimental, foi monitorada a temperatura nas unidades experimentais, por meio de termômetro digital com haste metálica (Modelo Tp 101- Tipo espeto), que foi colocado na porção central do material no início do experimento, permanecendo até o período final determinado (sete dias). Nas primeiras 24 horas, a temperatura foi monitorada a cada três horas; posteriormente, a cada 24 horas, até o sétimo dia (Figura 1).

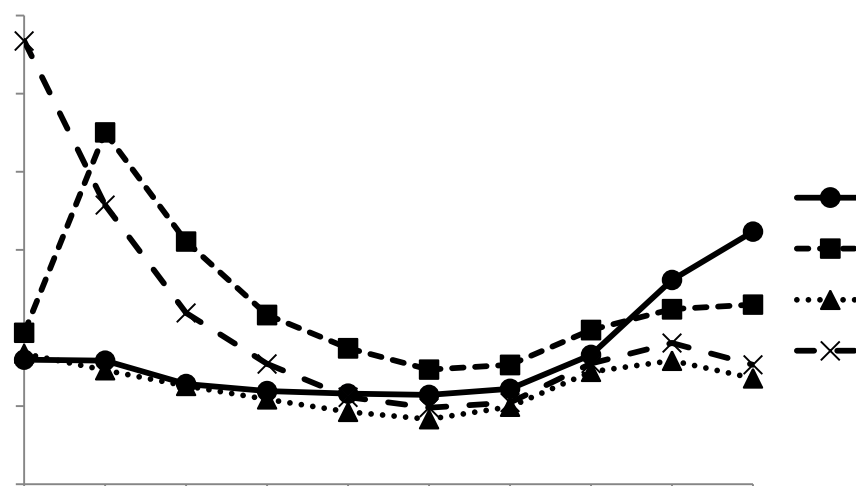


Figura 1. Valores de temperatura da casca de café, tratada ou não tratada, em condição de aerobiose ou anaerobiose. CAE0CaO: condição de aerobiose, 0% de CaO; CAE5CaO: condição de aerobiose, 5% de CaO; CAN0CaO: condição de anaerobiose, 0% de CaO; CAN5CaO: condição de anaerobiose, 5% de CaO.

No tempo determinado (sete dias), foi retirado uma alíquota do material, sendo esta dividida em duas subamostras: a primeira (25 g) foi utilizada para quantificar a população de mofos e leveduras; a segunda para análises da composição química, que foi acondicionada em sacos de polietileno, identificadas e armazenadas sob refrigeração (-10 °C) para posteriores análises.

Para quantificação da população de mofos e leveduras, foi preparado extrato aquoso, que continha 25 g de amostra da casca de café, adicionados a 225 mL de solução salina estéril (Ringer Solution[®] Oxoid), que foi homogeneizado em liquidificador durante um minuto. Em seguida, uma porção (10 mL) do extrato aquoso foi submetida às diluições seriadas, variando de 10⁻¹ a 10⁻⁷. O cultivo dos microorganismos foi realizado em placas de Petri estéreis, em meio PDA (Potato Dextrose Ágar), acrescido com 1,5% de ácido tartárico 10%, utilizando a técnica de plaqueamento Pour-plate. As placas foram incubadas em estufa BOD, com temperatura regulada para 25 °C, durante cinco dias. Ao final desse tempo, a contagem foi realizada com auxílio de um contador de colônia manual (Phoenix[®] Modelo CP 608). Foram

passíveis de contagem as placas que apresentaram entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC). Para avaliação e interpretação dos dados, os resultados obtidos foram convertidos para base logarítmica (Log_{10} UFC).

Após descongelamento das amostras, foi realizada a retirada parcial da umidade, em estufa com ventilação forçada, a 55 °C, por 72 horas. Posteriormente, foram processadas em moinho de faca, tipo “Willey”, com peneira de crivo de 1 e 2 mm. Os teores de MS, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG) foram estimados de acordo com metodologias descritas por Detmann et al. (2012).

Para o ensaio de degradabilidade in situ, foram pesadas amostras de, aproximadamente, 5,0 g (partículas de 2 mm), e acondicionadas em sacos de náilon (17x10 cm) com porosidade de 40 μm , previamente pesados. Um saco de cada tratamento (CAE0CaO: condição de aerobiose, 0% de CaO; CAE5CaO: condição de aerobiose, 5% de CaO; CAN0CaO: condição de anaerobiose, 0% de CaO; CAN5CaO: condição de anaerobiose, 5% de CaO), por horário, foi incubado em dois bovinos machos, com peso médio de 450 kg, providos de fístula ruminal nos intervalos de tempo 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas. Os sacos foram colocados em ordem inversa, ou seja, do maior para o menor tempo de incubação, e retirados simultaneamente para lavagem, juntamente com os sacos referentes ao tempo 0, que não foram incubados. Durante o período experimental, os animais receberam dieta contendo 60% de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), 20% de casca de café e 20% de concentrado, base seca.

Depois de retirados do rúmen, os sacos foram lavados em água corrente até o clareamento da mesma. Em seguida, foram mantidos durante 72 horas em estufa ventilada, a 55°C, sendo novamente pesados. Posteriormente, foram abertos e os

resíduos foram analisados quanto aos teores de MS e FDN, conforme descrito por Detmann et al. (2012).

Para estimativa dos parâmetros cinéticos de degradação da MS, foi utilizada a equação proposta por Ørskov & McDonald (1979): $D_t = a + b \times (1 - e^{-ct})$, em que: D_t = fração degradada no tempo t (%); a = fração solúvel em água (%); b = fração insolúvel potencialmente degradável (%); c = taxa de degradação da fração b ; e t = tempo de incubação (h). O cálculo da degradabilidade efetiva (DE) foi obtido utilizando-se a fórmula $DE = a + (b \times c)/(c + k)$, em que k é a taxa de passagem de partículas pelo rúmen, sendo considerado os valores de 2 e 5% (Ørskov & McDonald, 1979).

Para a fração fibrosa (FDN), foi utilizado o modelo proposto por Waldo et al. (1972), de acordo com a fórmula: $\hat{Y} = b \times e^{(-ct)} + I$, em que Y é o resíduo não degradável no tempo t (%); b , a fração potencialmente degradável da fibra (%); c , a taxa de degradação de b (h^{-1}); t , o período de incubação (h^{-1}), e, I , a fração insolúvel e não degradável.

Os dados foram analisados em arranjo fatorial 2x2, em delineamento inteiramente casualizado, por intermédio do procedimento MIXED do SAS (versão 9.3). A curva de degradação da MS e da FDN, dos tratamentos analisados foi submetida aos ajustes pelos respectivos modelos, utilizando-se o procedimento “Regressão de Marquardt”, permitindo, deste modo, a obtenção das estimativas dos parâmetros analisados. A homogeneidade das variâncias entre os tratamentos foi assumida e os graus de liberdade foram estimados usando o método Kenward-Roger. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste F, utilizando 0,05 como o nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da composição química e contagem de mofos e leveduras da casca de café tratada ou não tratada, em diferentes condições de ambiente. Verificou-se que todas as variáveis analisadas foram afetadas ($P < 0,05$) pela interação $\text{CaO} \times$ condição de ambiente (Tabela 2).

Para o teor de matéria seca (MS), observou-se que a casca de café tratada apresentou valor superior ($P < 0,05$) quando comparada à tratada, nas diferentes condições de ambiente. Essa elevação atribui-se ao alto teor de MS da casca microprocessada, a qual foi utilizada como fonte de CaO no tratamento da casca.

Tabela 2. Composição química da casca de café tratada ou não tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose.

CaO (%)	Condição de ambiente (CA)		Média	EPM	P valor		
	Aerobiose	Anaerobiose			CaO	CA	CaO \times CA
	MS (%)			0,568	<0,01	<0,01	<0,01
0	46,40Bb	47,41Ba	46,90				
5	50,00Aa	50,14Aa	50,07				
Média	48,20	48,77					
	Proteína bruta (% MS)			0,262	<0,01	<0,01	<0,01
0	13,90Aa	11,95Bb	12,92				
5	12,16Bb	10,75Aa	11,45				
Média	13,03	11,34					
	FDNcp ⁽¹⁾ (% MS)			1,018	<0,01	<0,01	<0,01
0	56,42Aa	51,68Ab	54,00				
5	48,00Ba	46,86Bb	47,44				
Média	52,22	49,22					
	Celulose (% MS)			0,561	<0,27	<0,01	<0,01
0	33,09Aa	28,81Bb	30,95				
5	31,58Ba	29,95Ab	30,77				
Média	32,34	29,38					
	Hemicelulose(% MS)			0,521	<0,01	<0,01	<0,01
0	11,64Ab	13,27Aa	12,45				
5	5,68Bb	9,37Ba	7,52				
Média	8,66	11,32					
	Lignina (% MS)			0,540	<0,01	<0,01	<0,01
0	18,58Aa	14,15Ab	16,36				
5	15,29Ba	12,20Bb	13,74				
Média	16,93	13,17					
	Mofos e leveduras (Log UFC/g)			0,954	<0,01	<0,01	<0,01
0	8,85Aa	3,04Ab	5,94				
5	8,48Ba	ND ^(*) Bb	4,24				
Média	8,66	1,52					

⁽¹⁾Fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína. ND, não determinado. ^(*)Valor menor que 1 LogUFC/g. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo LSMEANS.

Observou-se que o tratamento da casca de café com CaO promoveu redução ($P < 0,05$) das frações fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG), na condição de aerobiose e anaerobiose (Tabela 2). Esse efeito, provavelmente, foi devido à ação hidrolítica do álcali utilizado, nas ligações entre os constituintes da parede celular e a lignina. O teor de celulose (CEL) foi reduzido apenas na condição de anaerobiose. De acordo com Jackson (1977), a celulose não é dissolvida, mas se expande quando tratada com agentes alcalinos, o que reduz a resistência das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio. Este autor ressalta, ainda, que a proporção de celulose nos resíduos tratados é maior que naqueles não tratados. Neste estudo, esse comportamento foi observado apenas na condição de anaerobiose, no qual a casca tratada apresentou valor de 29,95%, ao passo que a casca não tratada 28,81%. Corroborando com a assertiva, Chaudhry (2000) verificou aumento da celulose da palhada de trigo tratada com CaO, em ambiente anaeróbico, registrando valores de 45,10% e 52,80% na palhada não tratada e tratada, respectivamente.

Verificou-se que, em condição de anaerobiose, ocorreu redução ($P < 0,05$) da FDNcp, CEL e LIG na casca de café tratada e não tratada, quando comparado a condição de aerobiose. Quanto à HEM, houve maior redução ($P < 0,05$) desta fração em aerobiose, quando se tratou ou não a casca de café. Visto que a condição de aerobiose foi mais propícia à proliferação de mofo e leveduras (Tabela 2), portanto, a redução dessa fração pode estar relacionada com a ação dos mesmos. McDonald et al. (1991) destacaram que o substrato utilizado para respiração depende do tipo de micro-organismo, sendo que leveduras consomem apenas compostos solúveis (açúcares e produtos da fermentação), enquanto mofo degradam uma ampla variedade de nutrientes, inclusive carboidratos estruturais e lignina.

O menor teor de proteína bruta (PB), 10,75%, foi registrado quando a casca de café foi submetida ao tratamento com CaO em condição de anaerobiose. Este valor encontra-se próximo ao registrado para a casca in natura, antes do ajuste da umidade (Tabela 1). De acordo com Sampaio et al. (2010), 10% de PB é um nível que otimiza a utilização de substratos energéticos de volumosos e favorece condições para que os micro-organismos ruminais apresentem plena capacidade de degradação dos substratos fibrosos.

A elevação da PB nos demais tratamentos pode ser atribuída à contribuição da proteína microbiana presente no material, sendo que, na casca tratada em condição de anaerobiose, foi verificada reduzida atividade microbiológica (mofos e leveduras) (Tabela 2).

Na Figura 2, estão demonstradas as curvas de degradação da MS, estimadas em função do período de incubação, verificando maior degradabilidade da casca tratada com CaO, em condição de anaerobiose. Ao passo que, a casca de café não tratada em condição de aerobiose apresentou a menor degradabilidade da MS. A partir do período de incubação de 72 horas, houve tendência da degradabilidade da MS manter-se constante em todos os tratamentos.

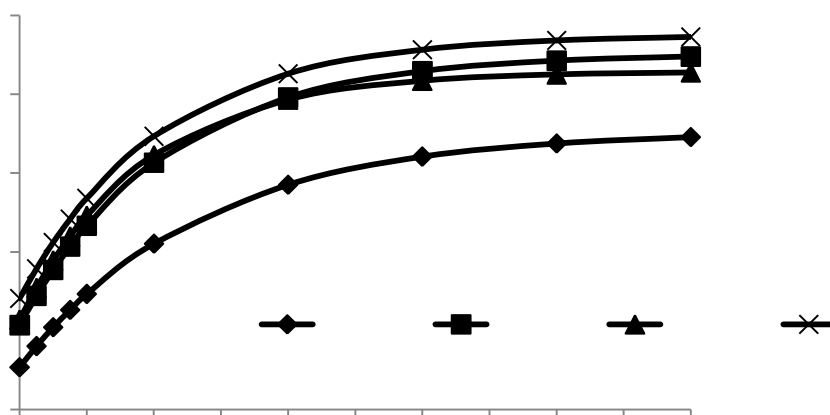


Figura 2. Degradabilidade in situ da matéria seca da casca de café tratada ou não tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose. CAE0CaO: condição de aerobiose, 0% de CaO; CAE5CaO: condição de aerobiose, 5% de CaO; CAN0CaO: condição de anaerobiose, 0% de CaO; CAN5CaO: condição de anaerobiose, 5% de CaO.

Quanto aos parâmetros cinéticos da degradação da MS, à exceção da fração b, a degradabilidade potencial e a degradabilidade efetiva foram afetadas ($P < 0,05$) pela interação CaO×condição de ambiente (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros de degradação e degradabilidade in situ da matéria seca da casca de café tratada ou não tratada com óxido de cálcio, em condição de aerobiose ou anaerobiose.

CaO (%)	Condição de ambiente (CA)		Média	EPM	P valor		
	Aerobiose	Anaerobiose			CaO	CA	CaO × CA
	a ¹ (%)			1,201	0,001	<0,001	0,0079
0	25,36Bb	31,40Ba	28,38				
5	30,69Ab	34,09Aa	32,39				
Média	28,02	32,74					
	b ² (%)			0,729	0,0155	0,7309	0,1879
0	29,94	31,51	30,72B				
5	34,46	33,49	33,98A				
Média	32,20a	32,50a					
	c ³ (%/h)			0,002	0,7616	0,0202	0,0421
0	0,0309Ab	0,0453Aa	0,0381				
5	0,0380Aa	0,0397Aa	0,0388				
Média	0,0344	0,4245					
	DP ⁴ (%)			1,755	0,0003	0,0014	0,0151
0	55,30Bb	62,90Ba	59,10				
5	65,15Ab	67,58Aa	66,36				
Média	60,23	65,24					
	DE ⁵ 2%/h (%)			1,842	<0,001	<0,001	<0,001
0	43,42Bb	53,26Ba	48,34				
5	53,25Ab	56,35Aa	54,80				
Média	48,33	54,8					
	DE ⁵ 5%/h (%)			1,743	<0,001	<0,001	0,008
0	36,71Bb	46,38Ba	41,54				
5	45,55Ab	48,90Aa	47,23				
Média	41,13	47,64					

⁽¹⁾Fração solúvel; ⁽²⁾Fração potencialmente degradável; ⁽³⁾Taxa de degradação da fração b; ⁽⁴⁾Degradabilidade potencial; ⁽⁵⁾Degradabilidade efetiva. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo LSMEANS.

Para a fração solúvel, a, observou-se que a casca de café tratada com CaO apresentou valores superiores ($P < 0,05$) em comparação com a não tratada, nas diferentes condições de ambiente (Tabela 3). Fica evidente que o aumento dessa fração

se deu pela ação do agente alcalino, por meio da quebra das ligações entre lignina e os carboidratos da parede celular ou, ainda, pela hidrólise dos polissacarídeos da parede celular, resultando na liberação de açúcares solúveis. Deste modo, há aumentada participação de compostos solúveis em água e da interação enzima-substrato (Van Soest, 1994, Wang et al., 2012). Nota-se, ainda, que em condição de anaerobiose, ocorre maior participação da fração a ($P < 0,05$) tanto para casca de café tratada quanto não tratada, quando comparado a condição de aerobiose (Tabela 3). Provavelmente, devido à utilização de componentes solúveis pela maior ação dos micro-organismos (mofos e leveduras) na casca, em ambiente aeróbico, ocorreu redução dessa fração (Tabela 2).

Ao avaliar a degradabilidade *in situ* da palhada de trigo tratada com CaO (160 g kg^{-1} na MS), em condição de anaerobiose, Chaudhry (2000) verificou aumento da fração solúvel, registrando valores de 10,8% e 27,9%, para palhada não tratada e tratada, respectivamente. O mesmo foi observado por Monção et al. (2014), ao tratar a casca de banana com CaO (40 g kg^{-1} na MN), obtendo valor de 46,26% para a casca tratada, ao passo que, para a testemunha, observaram valor de 41,65%.

Os diferentes ambientes utilizados para o tratamento da casca não influenciaram ($P > 0,05$) a fração potencialmente degradável, b, tendo sido obtido valor médio de 32,35% para essa variável. Todavia, a utilização de CaO, proporcionou aumento ($P < 0,05$) de 3,26 pontos percentuais em comparação à casca não tratada. Ao utilizar o CaO (30 g kg^{-1} na MN) para hidrólise da cana-de-açúcar, Macedo et al. (2011) observaram aumento de 4,6 pontos percentuais para a fração b, em comparação com a cana *in natura*. Já Romão et al. (2013) registraram aumento de 11,4 pontos percentuais, quando trataram a cana-de-açúcar com CaO (30 g kg^{-1} na MN).

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre as taxas de degradação (c) da fração b com a utilização de CaO nas diferentes condições de ambiente, quando comparado com a casca de café não tratada. Entretanto, observou-se que a maior taxa de

degradação ($P < 0,05$) foi obtida para a casca não tratada, em condição de anaerobiose, quando comparada a condição de aerobiose, com valores médios de 0,0453%/h e 0,0309%/h, respectivamente.

O resultante do somatório das frações a + b demonstrou a efetividade do álcali utilizado no tratamento da casca de café, o que refletiu em diferença nas grandezas da degradabilidade potencial (DP) (Tabela 3). Observou-se que a utilização de CaO promoveu aumento significativo ($P < 0,05$) da DP quando comparado com a casca não tratada, nas diferentes condições de ambiente. Também, foi verificado valor superior ($P < 0,05$) de DP da casca tratada em condição de anaerobiose, quando comparado com o tratamento em condição de aerobiose, registrando valores de 67,58% e 65,15%, respectivamente. Provavelmente, a temperatura pode ter influenciado positivamente na reação, uma vez que, no momento inicial do tratamento da casca com CaO, foram registradas temperaturas mais altas para a condição de anaerobiose (Figura 1). De acordo com Shreck (2013), maior temperatura pode refletir em melhor ambiente dentro do recipiente fechado. Como o calor resultante da reação exotérmica do tratamento químico é retido, possivelmente, estes fatores podem interagir com o substrato, promovendo melhorias no mesmo.

Chaudhry (2000), após tratar a palhada de trigo com CaO (160 g kg^{-1} na MS), em condição de anaerobiose, registrou, para a DP da MS, valores de 92,3% na palhada tratada e 54,1% na não tratada, o que representou aumento de 38,2 pontos percentuais na DP da palhada tratada. No presente estudo, esse aumento da DP representou valor de 4,68 pontos percentuais para a casca tratada em condição de anaerobiose, quando comparada com a não tratada no mesmo ambiente. Provavelmente, a diferença observada no incremento da DP deu-se em função da dose de CaO utilizada. Uma vez que Chaudhry (2000) considerou a dose (160 g kg^{-1}) alta, este autor sugeriu a realização

de novos estudos para redução da quantidade de CaO, sem contudo, afetar a ação do álcali nos constituintes fibrosos.

Comportamento semelhante ao da DP foi observado para a degradabilidade efetiva (DE), nas diferentes taxas consideradas para o cálculo (Tabela 3). Nota-se que o valor de DE (taxas de 2% e 5%/h) para a casca de café tratada com CaO, em condição de anaerobiose, obtido neste estudo, foi superior à DE da silagem de milho, demonstrado por Cavalcante et al. (2012), com valores de 43,58 e 29,84%, nas mesmas taxas de passagem, respectivamente. Este fato demonstra o potencial de utilização desse resíduo nas dietas para as diferentes categorias animais.

Com relação aos parâmetros estimados da degradação da fibra em detergente neutro (FDN), não foi verificado efeito ($P>0,05$) para interação CaO \times condição de ambiente. A fração potencialmente degradável (b) apresentou efeito ($P<0,05$) para condição de ambiente e CaO. Observou-se que a utilização do CaO promoveu aumento desta fração ($P<0,05$) em 4,08 pontos percentuais, quando comparada com a casca não tratada (Tabela 4). Esse aumento demonstra o efeito do tratamento alcalino nos constituintes fibrosos da parede celular. Chaudhry (2000) também observou aumento da fração b, na palhada de trigo tratada com CaO, registrando valores de 49,30% e 84,20% para a palhada tratada e não tratada, respectivamente.

Para a fração indegradável (I), foi observado efeito ($P<0,05$) para condição de ambiente e CaO. A utilização de CaO promoveu redução ($P<0,05$) dessa fração, registrando valores de 66,30% e 61,93% para a casca não tratada e tratada, respectivamente (Tabela 4). O tratamento alcalino, especificamente com CaO, atua nos constituintes da parede celular, refletindo em solubilização de parte dos constituintes indegradáveis (Balieiro Neto et al., 2007; Romão et al., 2013), aumentando, deste modo, a degradação da fibra. Entretanto, Monção et al. (2014) não verificaram efeito da aplicação do CaO (3% na MN) na fração indegradável da casca de banana.

Quanto as condições de ambiente, observou-se que a casca em condição de anaerobiose apresentou aumento ($P < 0,05$) da fração b e redução ($P < 0,05$) da fração indegradável I, quando comparado a condição de aerobiose (Tabela 4). Esse efeito pode ser decorrente da ação de mofo e leveduras, que, em condição de aerobiose, crescem muito rapidamente, consumindo parte dos nutrientes presentes no substrato (McDonald et al., 1991).

Os valores apresentados para as taxas de degradação da fração b não foi verificado efeito significativo ($P > 0,05$) para a utilização do CaO, bem como o ambiente, evidenciando que o CaO e o ambiente não interferem na taxa de degradação da fração b (Tabela 4). Resultado semelhante foi observado por Romão et al. (2013), após submeterem a cana-de-açúcar ao tratamento com diferentes níveis de CaO (0; 1,5; 3,0; 4,5% base da MN), não observaram diferença para a fração c.

Tabela 4- Parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro da casca de café tratada ou não tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose.

CaO (%)	Condição de ambiente (CA)		Média	EPM	P valor		
	Aerobiose	Anaerobiose			CaO	CA	CaO × CA
	b ¹ (%)			1,123	0,0320	0,0500	0,4298
0	31,48	35,91	33,70B				
5	36,68	38,89	37,78A				
Média	34,08b	37,40a					
	c ² (%)			0,003	0,2693	0,081	0,2623
0	0,0262	0,0424	0,0343A				
5	0,0378	0,0423	0,0400A				
Média	0,0319a	0,0423a					
	I ³ (%)			1,113	0,0137	0,0428	0,2567
0	68,51	64,09	66,30A				
5	62,77	61,10	61,93B				
Média	65,64a	62,59b					

⁽¹⁾Fração potencialmente degradável; ⁽²⁾Taxa de degradação da fração b; ⁽³⁾Fração indegradável. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo teste F.

Em representação gráfica, verificou-se que a degradabilidade da FDN da casca não tratada, em condição de anaerobiose, comparada à casca tratada em aerobiose, foi equivalente durante todo o período de incubação (Figura 3). Deste modo, verificou-se

que o tratamento da casca com CaO, em condição de anaerobiose, proporcionou maior degradação da FDN, ao passo que, a casca não tratada em condição de aerobiose apresentou a menor degradabilidade. Observou-se que, a partir do período de 72 horas, houve tendência da degradação da fibra manter-se constante em todos tratamentos.

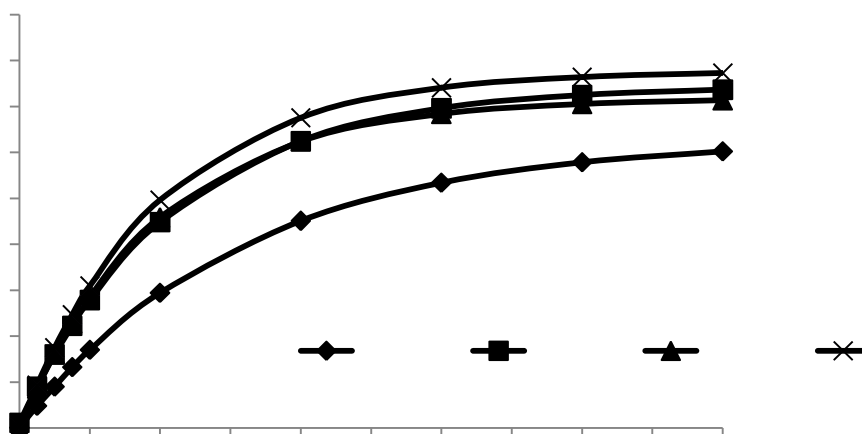


Figura 3. Degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) da casca de café tratada ou não tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose. CAE0CaO: condição de aerobiose, 0% de CaO; CAE5CaO: condição de aerobiose, 5% de CaO; CAN0CaO: condição de anaerobiose, 0% de CaO; CAN5CaO: condição de anaerobiose, 5% de CaO.

Conclusões

1. A utilização de óxido de cálcio para tratamento da casca de café promove reduções dos constituintes da parede celular e da fração indegradável da fibra e aumento da degradabilidade potencial e efetiva da matéria seca.
2. A condição de anaerobiose constituiu-se no melhor ambiente para o tratamento da casca de café com óxido de cálcio, bem como promove melhorias na casca de café não tratada.

Referências

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Technical committee on responses to nutrients: energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1995.159p.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; NOGUEIRA, J.R.; ROTH, M.T.P. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1231-1239, 2007.

CAVALCANTE, D.R.; PERIN, F.B.; BENEDETTI, E. Degradabilidade in situ da matéria seca de três forrageiras tropicais nas formas in natura e ensilada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.163-168, 2012.

CHAUDHRY, A.S. Rumen degradation in sacco in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. **Animal Feed Science and Technology**, v.83, p.313-323, 2000.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.

FEROLLA, F.S.; VÁSQUEZ, H.M.; SILVA, J.F.C.; VIANA, A.P.; DOMINGUES, F.N.; AGUIAR, R.S. Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1512-1517, 2007 (supl.).

JACKSON, M.G. The alkali treatments of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v. 2, p. 105-130, 1977.

MACEDO, T.M.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; LOPES, W.B.; SOARES, C.O. E CHAGAS, D. M.T. Degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da cana de açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.12, p.429-440, 2011.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. New York: Chalcombe Publications, 1991. 339p.

MONÇÃO, F.P.; REIS, S.T.; RIGUEIRA, J.P.S.; SALES, E.C.J.; ANTUNES, A.P.S.; OLIVEIRA, E.R.; CARVALHO, Z.G. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da FND da casca de banana tratada com cal virgem. **Revista de Ciências Agrárias**, v.37: p.42-49, 2014.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.

ROMÃO, C.O.; CARVALHO, G.G.P.; LEITE, V.M.; SANTOS, A.S.; CHAGAS, D.M.T.; RIBEIRO, O.L.; PINTO, L.F.B. E OLIVEIRA, R.L. Fracionamento de carboidratos e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, p.537-546, 2013.

RUSSELL, J R.; LOY, D.D.; ANDERSON, J.; CECAVA, M. **Potential of Chemically Treated Corn Stover and Modified Distiller Grains as a Partial Replacement for Corn Grain in Feedlot Diets**. Animal Industry Report: AS 657, ASL R2586, 2011. 8p. Disponível em: http://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol657/iss1/10. Acesso em: 08 de Abril de 2015.

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A. de; LAZZARINI, I.; PAULINO, P.V.R.; QUEIROZ, A.C. de. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1471- 1479, 2010.

SEWELL, J.R.; BERGER, L.L.; NASH, T.G.; CECAVA, M.J.;DOANE, P.H.; DUNN, J.L.; DYER, M.K.; PYATT, N.A. Nutrient digestion and performance by lambs and steers fed thermochemically treated crop residues. **Journal Animal Science**, v.87, p.1024-1033, 2009.

SHRECK, A.L. **Use of alkaline treated crop residues as partial grain replacements for finishing cattle**.2013. 74p. Tese (Doutorado) University of Nebraska- Lincoln.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; CABRAL, L.S.; GOBBI, K.F. Casca de café em dietas para novilhas leiteiras: consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.921-927, 2006.

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L. AMARAL, H.F.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, A.R.; CAPELLE, E.R.**Tabela brasileiras de composição de alimentos para bovinos**.Viçosa, 2010. 502p.

VAN SOEST, P.J. **Nutrition ecology of the ruminant**.Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, L.E. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55,p.125-129, 1972.

WANG, Z.; RUYU, L.; MARITA, J.M.; HATFIELD, D.R.; QU, R.; CHENG, J.J. Sodium hydroxide pretreatment of genetically modified switchgrass for improved enzymatic release of sugars. **Bioresource Technology**, v.110, p.364-370, 2012.