

Relação entre variáveis na regulação do consumo de vacas Holandês × Zebu em lactação sob pastejo em capim-elefante

[Relationship between variables concerning elephantgrass (*Pennisetum purpureum*, Schum.) dry matter intake by grazing Holstein × Zebu lactating cows]

F.C.F. Lopes¹, N.M. Rodriguez², L.J.M. Aroeira¹, I.B.M. Sampaio²,
F. Deresz¹, I. Borges², D.S.C. Paciullo¹, T.T. Berchielli³

¹Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610
36038-330- Juiz de Fora, MG

²Escola de Veterinária da UFMG - Belo Horizonte, MG

³Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP-Jaboticabal, SP

RESUMO

A análise fatorial de componentes principais (CP) foi usada no exame do relacionamento entre variáveis de um banco de dados da Embrapa Gado de Leite. As variáveis disponíveis foram relacionadas às vacas (dias em lactação, teores lácteos de gordura e extrato seco total, produção de leite, ordem de lactação, peso vivo e grau de sangue), ao manejo (dia de pastejo, disponibilidade e períodos de descanso da pastagem), ao ambiente (estação do ano, precipitação pluviométrica) e ao alimento (consumo de nutrientes do concentrado e da cana × uréia, consumo de MS de pastagem de capim-elefante, composição química e digestibilidade *in vitro* da pastagem e concentração fecal de PB, FDN e FDA). O primeiro CP (33,7% da inércia dos dados) representou o uso da suplementação volumosa (cana × uréia) da pastagem em resposta à redução sazonal da disponibilidade e do consumo de capim-elefante. O segundo CP (15,3% da inércia) foi relacionado ao consumo de nutrientes do concentrado. O terceiro CP (8,5% da inércia) representou efeitos do manejo sobre a composição química da pastagem. A interpretação gráfica dos resultados favoreceu a percepção mais dinâmica da intensidade da associação e do antagonismo entre as variáveis contextualizadas no estudo.

Palavras-chave: capim-elefante, componente principal, consumo, pastagem, vacas em lactação.

ABSTRACT

The principal component (PC) analysis was used to study the relationship between variables in a database of trials carried out at Embrapa Gado de Leite. The variables studied were concerning animal factors (days in milk, fat and total solid contents in milk, live weigh, Holstein × Zebu gene fraction, milk yield and parity), management factors (occupation day of paddock, pasture allowance, resting periods), environmental factors (season of the year, rainfall) and feed factors (DM, CP, NDF, ADF and digestible DM intake of concentrate and of sugarcane plus urea, DM intake of elephantgrass pasture, DM, CP, NDF, ADF contents and *in vitro* digestibility of elephantgrass, and fecal CP, NDF and ADF contents). The first PC (33.7% of total variance) could be interpreted as the use of pasture roughage supplementation (sugarcane plus urea) to minimize the effects of decreasing of pasture allowance and DM intake in cow performance. The second PC (15.3% of total variance) was concerning the nutrients intake of concentrate. The third PC (8.5% of total variance) characterized the effects of management factors over chemical composition of elephantgrass pasture. The visual interpretation of PC loading plots allowed a general and dynamic sight about the relationship and antagonism between variables in this study.

Key words: elephantgrass, intake, lactating cows, pasture, principal component

Recebido para publicação em 18 de fevereiro de 2003

Recebido para publicação após modificações em 15 de dezembro de 2003

E-mail: fernando@cnpagl.embrapa.br

INTRODUÇÃO

O relacionamento entre o consumo de vacas em lactação sob pastejo e os fatores supostamente envolvidos na sua regulação são complexos (Caird, Holmes, 1986; Vazquez, Smith, 2000). Em estudos dessa natureza, a compilação do maior número possível de informações se justifica graças ao incompleto domínio dos mais importantes agentes causativos que atuam sobre a resposta medida.

Segundo Khattree e Naik (2000), um dos desafios da análise multivariada de dados é a redução da dimensionalidade do número de variáveis, sob a premissa de que a maior parte da informação original seja preservada. Esses autores ainda discutiram a importância da redução da dimensionalidade em procedimentos de análise exploratória de dados, e sugeriram o possível alcance desse objetivo com o uso dos componentes principais.

Segundo Baker et al. (1988), a análise de componentes principais pode revelar relações não identificadas com o uso de outras técnicas estatísticas, contribuindo para melhor interpretação dos dados. Segundo Asensio (1989) e Sampaio (1993), quando os agentes causativos e suas respostas experimentais são medidas quantitativamente, a técnica da análise fatorial de componentes principais pode ser utilizada. Sua aplicação será tanto mais indicada, quanto mais afastado for o plano experimental de um balanceamento fatorial, e quanto maior o número de respostas medidas e de observações realizadas (Sampaio, 1993). Segundo Asensio (1989), tal procedimento analítico permite identificar as mais importantes fontes de variabilidade em uma matriz de dados multivariados, além de possibilitar a abordagem e interpretação gráfica dos principais relacionamentos entre variáveis.

Os componentes principais são combinações lineares das variáveis estudadas (fatores e respostas medidas) que se propõem a reduzir o número de variáveis existentes. Cada componente ou eixo fatorial conterá todas as variáveis e, entre essas, as que assumirão a liderança (poder explicativo) dele. A análise de componentes principais transforma as p variáveis originais em novas variáveis num espaço dimensional com até p eixos fatoriais, os quais são, por definição, ortogonais entre si, ou seja, não são correlacionados e, portanto, cada um

contribui com uma solução independente das demais (Sampaio, 1993).

O uso dessa técnica foi relatado em diversas áreas do conhecimento científico (Afifi, Clark, 1984; Asensio, 1989; Sampaio, 1993; Khattree, Naik, 2000). Em trabalhos relacionados à ingestão de nutrientes por ruminantes, Rook et al. (1990) relataram seu uso para detecção e remoção de colineariedade entre variáveis envolvidas na predição do consumo voluntário por bovinos de corte. Roseler et al. (1997) utilizaram essa técnica para identificar categorias de variáveis independentes, para uso posterior no desenvolvimento de equações de predição de consumo por vacas da raça Holandesa em lactação sob confinamento. Não foi encontrado trabalho com o uso da análise de componentes principais no estudo do consumo por vacas em lactação sob pastejo.

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial da técnica de análise fatorial de componentes principais no exame dos relacionamentos entre variáveis supostamente envolvidas na regulação do consumo de pastagem de capim-elefante por vacas mestiças Holandês \times Zebu em lactação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o banco de dados de experimentos conduzidos (1992 a 1994) na Embrapa Gado de Leite (Coronel Pacheco, MG), cujo objetivo principal foi a estimativa do consumo individual de pastagem de capim-elefante por vacas mestiças Holandês \times Zebu em lactação.

Nesses três anos foi usada pastagem de capim-elefante, dividida em piquetes e manejada em sistema rotativo. Os tratamentos foram períodos de descanso da pastagem (30 e 45 dias) e adoção ou não de suplementação concentrada ao longo do ano. Adotaram-se duas repetições de área de pastagem por tratamento e período de ocupação dos piquetes de três dias.

Foram usadas 24 vacas Holandês \times Zebu, separadas em grupos de seis por tratamento (três por repetição de área) e distribuídas originalmente em delineamento de blocos ao acaso, de acordo com a produção de leite e peso vivo. As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia e pesadas quinzenalmente. A suplementação com concentrado (2 kg/vaca/dia) foi feita durante as ordenhas diárias. A composição química

média do concentrado usado foi 81,9% de MS, 20,2% de PB, 26,1% de FDN e 8,7% de FDA.

De novembro a maio, o único alimento volumoso foi o capim-elefante da pastagem. No período seco do ano (junho a outubro), as vacas foram colocadas em piquetes após a ordenha da tarde, onde permaneceram até a ordenha da manhã seguinte. No intervalo entre ordenhas do mesmo dia receberam, no curral, cana-de-açúcar picada corrigida com 1% de uréia:sulfato de amônio (9:1).

Nos três anos, o consumo individual diário de matéria seca (MS) foi estimado em 12 ocasiões na estação das chuvas e 12 na seca, a partir da fórmula: Consumo (kg de MS) = produção fecal*100/(100 – digestibilidade). A produção fecal total foi obtida usando o óxido crômico (Cr₂O₃) como indicador externo.

Para amostragem da forragem selecionada no pasto foram usados dois bovinos adultos fistulados no esôfago. Foram colhidas, em cada um dos 24 períodos de avaliação do consumo, amostras de extrusas do primeiro, segundo e terceiro dias de pastejo, de cada repetição de área de cada tratamento. As amostras foram analisadas (Silva, 1998) quanto aos teores de MS, proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl, fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), além da digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS). Nas amostras de fezes foram feitas análises dos teores de PB, FDN e FDA.

Em cada período de determinação de consumo foram feitas amostragens diárias do concentrado, transformadas em compostas e analisadas conforme relatado para a extrusa. O consumo médio de cana com uréia foi obtido do registro diário do oferecido e das sobras, e de sua amostragem para as análises químicas. Foi também anotada a produção individual diária de leite, bem como a amostragem para determinação (Official..., 1990) dos teores lácteos de gordura e extrato seco total.

O consumo diário foi estimado usando os valores de DIVMS das extrusas amostradas no primeiro, segundo e terceiro dias de pastejo, e a produção fecal calculada da concentração de cromo nas fezes, colhidas 48h após.

A análise fatorial de componentes principais foi feita com o procedimento Proc Factor do SAS (User's...,1985). Em estudos dessa natureza, diferentemente do praticado nas técnicas multivariadas de regressão linear, não é feita separação prévia das variáveis em dependentes (respostas medidas) e independentes (agentes causativos). Para que diferentes magnitudes das variáveis não interfiram na solução matemática, é necessário padronizar cada variável, ou seja, subtrair de cada observação o seu valor médio e dividir o resultado pelo respectivo desvio-padrão. Tornam-se assim adimensionais, com média zero e desvio-padrão igual a um (Sampaio, 1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tab. 1, conforme estejam relacionadas às características do animal, do alimento, do manejo e do ambiente, as variáveis do banco de dados usado na análise fatorial de componentes principais são descritas quanto à média, desvio-padrão e amplitude de variação. De modo geral, as amplitudes dos valores observados para a maioria das variáveis podem ser consideradas de magnitude suficiente, assegurando a oportunidade de expressão dos eventuais efeitos dessas variáveis nas técnicas de análise multivariada de dados.

As coordenadas das variáveis com os principais eixos fatoriais (ou componentes principais), bem como a contribuição individual aditiva destes à variância global (neste caso, também chamada de inércia) contida na matriz de dados, são apresentadas na Tab. 2. Elas medem o grau de correlação do componente principal com a variável a ele associada (Asensio, 1989; Sampaio, 1993). Segundo discutiram Afifi e Clark (1984), os componentes principais devem ser interpretados no contexto das variáveis que apresentaram os maiores valores de correlação.

Sampaio (1993) sugeriu a investigação seqüencial dos primeiros eixos fatoriais, com o objetivo de alcançar valor superior a 80% da inércia total existente para um conjunto de dados. Afifi e Clark (1984) sugeriram como ideal a inércia de cerca de 80% em dois ou três componentes principais. No presente estudo, apenas no oitavo eixo fatorial foi alcançada inércia próxima ao valor sugerido (80,3%; Tab. 2).

Relação entre variáveis na regulação do consumo de vacas...

Tabela 1. Descrição estatística das variáveis pertencentes ao banco de dados usado na análise fatorial de componentes principais (2.879 observações)

Variável ¹	Média	Desvio-padrão	Amplitude de variação	
			Valor máximo	Valor mínimo
Variáveis relacionadas ao animal				
DEL	191	89	349	31
ELEITE	13,0	0,9	16,3	10,7
GLEITE	4,2	0,7	7,4	2,4
KGLEITE	9,8	2,9	21,2	0,8
LACTAÇÃO	2	0,8	3	1
PVMEDIO	494	58	667	351
SANGUE	2	0,7	3	1
Variáveis relacionadas ao manejo				
DESCANSO	35,5	6,2	45	30
DIAPAST	2	0,8	3	1
DISP2	9,4	5,6	22,3	0,8
Variáveis relacionadas ao ambiente				
ESTAÇÃO	1,5	0,5	2	1
PPMES	117,1	127,5	523,9	0
Variáveis relacionadas ao alimento				
MSKGCAN	3,2	3,4	9,7	0
PBKGCAN	0,32	0,35	1,26	0
FDNKGCAN	1,71	1,79	5,48	0
FDAKGCAN	1,04	1,08	3,35	0
DIVKGCAN	1,90	2,04	6,45	0
MSKGPAS	9,1	4,6	22,1	0
MSKGCON	0,9	0,8	1,8	0
PBKGCON	0,18	0,16	0,39	0
FDNKGCON	0,25	0,24	0,74	0
DIVKGCON	0,72	0,65	1,53	0
MSPASTO	12,86	2,70	23,57	8,64
PBPASTO	12,03	2,75	22,60	5,23
FDNPASTO	71,67	4,00	89,21	57,38
FDAPASTO	40,48	3,30	52,39	28,54
DIVPASTO	56,52	9,54	73,33	25,51
PBFEZ	11,65	1,48	21,69	6,14
FDNFEZ	71,79	5,14	85,90	57,88
FDAFEZ	44,80	3,85	59,46	27,84

¹DEL = dias em lactação; ELEITE = % de extrato seco total no leite; GLEITE = teor de gordura no leite (%); KGLEITE = produção de leite (kg/vaca/dia); LACTAÇÃO = ordem de lactação (1 = primeira; 2 = segunda; e 3 = além da segunda); PVMEDIO = peso vivo médio (kg); SANGUE = grau de sangue (1 = até 5/8; 2 = de 5/8 até 3/4; e 3 = acima de 3/4); DESCANSO = dias de descanso da pastagem; DIAPAST = primeiro (1), segundo (2) ou terceiro (3) dia de pastejo; DISP2 = disponibilidade de pastagem (kg/vaca/dia); ESTAÇÃO = estação do ano (1 = chuvosa = novembro a maio; 2 = seca = junho a outubro); PPMES = precipitação mensal de chuvas (mm); MSKGCAN, PBKGCAN, FDNKGCAN, FDAKGCAN, DIVKGCAN = respectivamente, consumos de MS, PB, FDN, FDA e MS digestível de cana × uréia (kg/vaca/dia); MSKGPAS = consumo de MS de pastagem de capim-elefante (kg/vaca/dia); MSKGCON, PBKGCON, FDNKGCON e DIVKGCON = respectivamente, consumos de MS, PB, FDN e MS digestível de concentrado (kg/vaca/dia); MSPASTO, PBPASTO, FDNPASTO e FDAPASTO = respectivamente, teores de MS, PB, FDN e FDA na extrusa do pasto (%); DIVPASTO = digestibilidade *in vitro* da MS da extrusa do pasto (%); PBFEZ, FDNFEZ e FDAFEZ = respectivamente, concentrações de PB, FDN e FDA na MS fecal (%).

Tabela 2. Coeficientes de correlação das variáveis com os sete primeiros componentes principais, apresentando autovalores (λ) maiores que a unidade (dados de 2.879 observações obtidas nos anos de 1992 a 1994)

Variável ¹	Componente principal (eixo fatorial)						
	1	2	3	4	5	6	7
ESTAÇÃO	0,9122	0,2090	0,0696	-0,1691	0,0535	-0,0881	-0,0300
DIAPAST	-0,0593	0,0435	0,7254	0,0874	0,0137	-0,1200	0,3351
DEL	0,7707	0,0293	-0,0335	0,1892	0,0056	0,1322	0,2394
PVMEDIO	0,1591	-0,0600	-0,1518	0,4646	0,5098	-0,2053	0,3404
GLEITE	0,3661	0,1889	-0,0734	0,7036	-0,3398	0,3078	0,0141
ELEITE	0,4425	0,3203	-0,0086	0,6251	-0,3370	0,2556	-0,0539
KGLEITE	-0,7913	0,0569	-0,0413	-0,1222	0,2291	-0,1158	0,0102
MSPASTO	-0,3626	0,1591	0,0339	0,1092	0,2398	-0,2119	-0,5934
PBPASTO	-0,0088	0,0144	-0,8539	-0,1444	-0,1462	-0,0844	-0,1143
FDNPASTO	-0,3952	0,0316	0,6875	0,0329	0,0055	-0,0110	-0,1877
FDAPASTO	-0,4468	-0,0481	0,7630	0,1215	0,1068	0,0278	-0,0200
DIVPASTO	0,0727	-0,2732	-0,2386	0,0794	0,5959	0,2912	0,1421
PBFEZ	-0,4828	0,3080	-0,0256	-0,1537	-0,2043	-0,0750	0,4586
FDNFEZ	0,7939	-0,1823	-0,0061	0,0333	0,1727	0,0365	-0,1434
FDAFEZ	0,5255	-0,6141	-0,0490	0,0267	0,2713	0,1178	0,0062
MSKGCAN	0,9419	0,2120	0,0808	-0,0828	0,0876	-0,1012	-0,0464
PBKGCAN	0,9055	0,2026	0,0844	-0,1336	0,0389	-0,1302	-0,0693
FDNKGCAN	0,9406	0,1914	0,0796	-0,0989	0,1044	-0,0964	-0,0285
FDAKGCAN	0,9420	0,1719	0,0951	-0,1150	0,1045	-0,0936	-0,0342
DIVKGCAN	0,9266	0,2083	0,0933	-0,0583	0,0801	-0,1059	-0,0484
MSKGPAS	-0,6738	-0,2802	-0,1512	0,1915	0,3467	0,1785	0,1007
MSKGCON	-0,2078	0,9340	-0,0482	-0,1088	0,1486	0,1106	0,0545
FDNKGCON	-0,2600	0,9043	-0,0454	-0,1332	0,1198	0,1041	0,0456
FDAKGCAN	-0,1462	0,8986	-0,0927	-0,0300	0,1774	0,0694	0,0061
DIVKGCAN	-0,2067	0,9397	-0,0507	-0,1183	0,1220	0,1072	0,0330
PPMES	-0,6034	0,0325	0,0034	-0,0382	0,0014	-0,0515	-0,0729
DISP2	-0,8465	-0,0250	-0,1375	0,1647	0,0078	-0,0941	-0,1344
DESCANSO	0,0080	0,1687	0,1710	0,2335	0,2452	0,4787	-0,2853
LACTAÇÃO	0,0067	0,2127	-0,0975	0,5480	0,0985	-0,5114	0,0295
SANGUE	0,1501	-0,2572	0,0938	-0,6520	-0,0122	0,3364	0,0738
Autovalor ²	10,11	4,60	2,55	2,21	1,44	1,16	1,08
Proporção ³	0,3371	0,1532	0,0850	0,0737	0,0482	0,0386	0,0360
Acumulado ⁴	0,3371	0,4903	0,5753	0,6460	0,6972	0,7357	0,7717

Eixos fatoriais: 1- Suplementação volumosa (cana + uréia); 2- Consumo de nutrientes do concentrado; 3- Composição química e manejo da pastagem; 4- Características inerentes à vaca (grau de sangue, ordem de lactação, peso, composição do leite); 5- Digestibilidade da pastagem; 6- Período de descanso da pastagem; 7- Matéria seca da extrusa.

¹Definição das variáveis = vide Tab. 1.

²Autovalor (λ) = estimativa da variância (ou inércia) amostral explicada pelo n -ésimo eixo fatorial (ou componente principal) (Afifi, Clark, 1984; Rook et al., 1990).

³Percentual da variância ou inércia explicada pelo n -ésimo eixo fatorial.

⁴Percentual acumulado de inércia nos n primeiros eixos fatoriais.

Segundo Afifi e Clark (1984) e Rook et al. (1990), *eigenvalue* ou valor próprio ou autovalor refere-se à estimativa da variância amostral explicada pelo n -ésimo eixo fatorial. Considerando a contribuição acumulada nos três ou quatro primeiros eixos fatoriais, a inércia alcançada para o contingente amostral neste estudo foi próxima de 58 e 65%, respectivamente. A identificação e inclusão de variáveis com efeitos pouco ou ainda não contemplados por aquelas ora utilizadas poderia

auxiliar na obtenção de maiores valores de inércia (User's..., 1985).

Para Afifi e Clark (1984) e Rook et al. (1990), a interpretação dos componentes principais deve ser feita atribuindo-lhes "nomes" ou perfis que respondam pelos efeitos das principais variáveis a eles correlacionadas. Tal expediente foi empregado na discussão de resultados obtidos em trabalhos que utilizaram a técnica de análise de dados multidimensionais (Freund, Littell, 1986; Asensio, 1989).

Relação entre variáveis na regulação do consumo de vacas...

O primeiro componente principal, responsável pela maior parcela da inércia dos dados (33,7%), representou o uso da suplementação volumosa (cana × uréia) da pastagem como estratégia de manejo nutricional, para minimizar os efeitos da redução do consumo voluntário de capim-elefante, imposta pelo caráter de sazonalidade da produção dessa forrageira. Tal assertiva baseou-se no antagonismo das cargas (sinais) das variáveis associadas à ingestão de nutrientes da cana × uréia, com aquelas representando a disponibilidade e o consumo de pastagem de capim-elefante.

O segundo eixo fatorial (15,3% da inércia dos dados) representou o consumo de nutrientes do concentrado, principalmente sua fração mais digestível. De importância secundária, com carga antagonista, destacou-se a variável concentração de FDA nas fezes, que pode ser associada ao componente indigestível da dieta.

Analisando o plano vetorial formado pelos componentes principais 1 e 2 (Fig. 1), percebe-se a existência de dois agrupamentos de variáveis (ou *clusters*) nos extremos opostos do primeiro eixo fatorial.

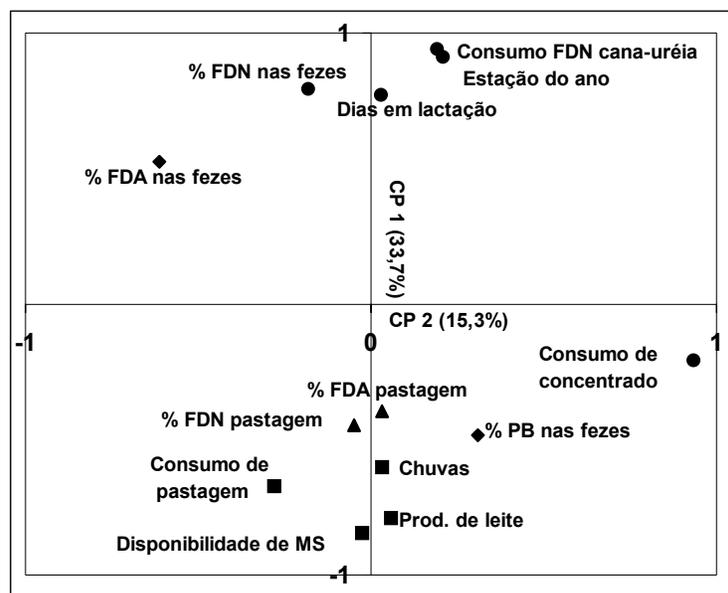


Figura 1. Localização gráfica das principais variáveis nos componentes principais 1 e 2 (dados de 2.879 observações obtidas nos anos de 1992 a 1994).

Asensio (1989) argumentou que as variáveis mais importantes projetadas sobre um plano fatorial estarão situadas nas periferias de um círculo virtual de raio igual a um. As correlações entre elas serão próximas a +1 para as variáveis integrantes de um mesmo *cluster*, próximas a -1, para as variáveis situadas em quadrantes opostos pela origem, e próximas a zero, para as variáveis associadas a vetores ortogonais entre si.

Na parte superior da Fig. 1, às variáveis

relacionadas ao consumo de nutrientes da cana × uréia associou-se a referente à estação do ano, o que se explica pelo alto grau de correlação ($r > 0,92$) entre elas. De importância secundária, mas pertencendo a esse *cluster*, destaca-se a concentração de FDN nas fezes, cuja correlação ($r = 0,69$) com a variável consumo de FDN de cana × uréia, sinaliza para a limitada digestibilidade desse nutriente na cana-de-açúcar (Aroeira et al., 1995).

O *cluster* de variáveis formado no extremo inferior do componente principal 1, liderado pelo efeito disponibilidade de pastagem, associou um agente causativo desta (precipitação pluviométrica) a conseqüentes respostas positivas em termos de consumo de capim-elefante e, por conseguinte, de produção de leite. Os coeficientes de correlação positivos observados entre essas quatro variáveis ($r = 0,44$ a $0,66$) contrapõem-se aos valores negativos verificados entre elas e aquelas do *cluster* formado no extremo superior do gráfico ($r = -0,46$ a $-0,84$). Particularmente interessante foi a localização gráfica diametralmente oposta das variáveis disponibilidade e consumo de pasto em relação àquelas representando a ingestão de nutrientes da cana \times uréia e o efeito de estação do ano. As correlações ordinárias (r) entre esses grupos de variáveis realmente foram próximas a -1 , confirmando a discussão de Asensio (1989) acerca de relacionamentos entre variáveis num plano fatorial e, claramente, demonstrando a posição antagônica de seus efeitos.

Na Fig. 1, a variável concentração de PB nas fezes situou-se próxima à referente ao consumo de pastagem. Segundo Van Soest (1994), em ensaios de balanço de nitrogênio foi verificado que o nitrogênio fecal tendeu a apresentar proporção relativamente constante em relação ao consumo. Esse autor discutiu os principais componentes do nitrogênio metabólico fecal e, dentre eles, os compostos originados de reações de *Maillard*. A associação das variáveis relacionadas ao consumo de concentrado à concentração de PB nas fezes pode indicar que a PB do concentrado apresentava uma fração indigestível.

A correlação negativa ($r = -0,56$) e a localização em quadrantes opostos pela origem das variáveis associadas à concentração fecal de PB em relação às de FDN e FDA sugerem a ocorrência de digestão pós-ruminal de parte da fração fibrosa da dieta. Van Soest (1994) verificou que os carboidratos potencialmente digestíveis que escapam à digestão ruminal estão sujeitos à fermentação no intestino grosso, ocasionando acúmulo de proteína microbiana e subseqüente perda de nitrogênio nas fezes. Argumentou que a baixa eficiência das secreções digestivas dos ruminantes não permite eficaz aproveitamento dessa proteína pelo hospedeiro, embora os ácidos

graxos voláteis originados dos processos de fermentação pós-ruminal contribuam como fonte de energia para o animal.

Novilhos que receberam cana \times uréia suplementada com concentrado mostraram que, respectivamente, 54,1 e 51,0% da digestão da FDN e FDA dietéticas ocorreram no sítio pós-ruminal (Aroeira et al., 1993). No presente estudo, os coeficientes de correlação ($r = 0,33$ a $0,70$) e a localização gráfica das variáveis relacionadas ao consumo de cana \times uréia em relação aos teores fecais de FDN e FDA evidenciaram que a fibra sobrepassante da cana-de-açúcar não foi substrato exclusivo para fermentações no trato digestivo posterior das vacas. Nesse sentido, os teores de FDN e FDA das extrusas de capim-elefante situaram-se próximos à variável concentração fecal de PB, índice de fermentação pós-ruminal. Além disso, aparentemente, pouco contribuíram para o incremento da quantidade de FDN excretada nas fezes, o que evidencia a sua boa qualidade nutricional.

O terceiro componente principal representou características inerentes à composição química e ao manejo da pastagem de capim-elefante *per se* (Tab. 2). A variável mais importante foi o teor de PB na forragem selecionada no pasto. Sob efeito antagônico a esta, destacaram-se os teores de FDN e FDA da pastagem e o dia de pastejo, cujas r com o teor de PB na pastagem foram, respectivamente, de $-0,48$, $-0,64$ e $-0,55$. Cóser et al. (2000) verificaram diminuição nos teores de PB em pastagem de capim-elefante do primeiro para o sexto dia de ocupação dos piquetes. Os resultados deste estudo assemelham-se aos dos autores citados.

No plano fatorial dos componentes principais 1 e 3 (Fig. 2), ao *cluster* representando os teores de FDN e FDA do capim-elefante associaram-se fatores de manejo da pastagem que, de certa forma, indicam predispor seu incremento em maior (dia de pastejo) ou menor (período de descanso) escala, conforme também sinalizado pelos coeficientes de correlação ordinária ($r = 0,12$ ou $r = 0,34$ a $0,50$ entre os teores de FDN e FDA no pasto, respectivamente, em relação ao período de descanso da pastagem ou ao dia de pastejo).

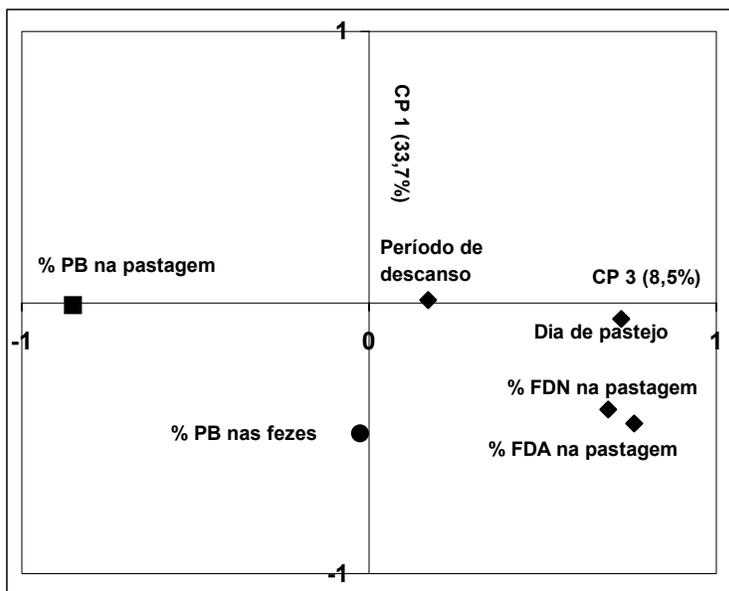


Figura 2. Localização gráfica de algumas variáveis nos componentes principais 1 e 3 (dados de 2.879 observações obtidas nos anos de 1992 a 1994).

A correlação entre os teores de PB no pasto e nas fezes foi próxima de zero, visto pertencerem a vetores ortogonais entre si, o que concorda com o baixo valor de r entre tais variáveis (0,06). Ao trabalharem com amostra de capim-elefante com 45 dias de crescimento, obtida por pastejo simulado (MS = 17,1%; PB = 9,1% e FDN = 60,3%), Lanna et al. (1996) mostraram que as frações protéicas insolúveis com lenta taxa de degradação (B_3) ou insolúveis não-digestíveis no rúmen e intestinos (C), corresponderam a 22,0 e 3,3% da PB total da amostra, respectivamente. O resíduo indigerível de B_3 associado à fração C representam os componentes da proteína dietética a serem excretados nas fezes, o que pode explicar a baixa contribuição da PB da pastagem de capim-elefante àquela excretada nas fezes.

O plano fatorial dos componentes principais 2 (consumo de concentrado) e 3 (características nutricionais e de manejo da pastagem de capim-elefante) respondeu por cerca de 24% da inércia total dos dados, e o relacionamento entre as suas principais variáveis não acrescentou informações adicionais de relevância.

A despeito da baixa contribuição à inércia dos dados, o componente principal 4 representou características inerentes à vaca, como composição do leite (gordura e sólidos totais), grau de sangue, ordem de lactação e peso vivo. Os componentes 5, 6 e 7 foram, principalmente, relacionados à digestibilidade, ao período de descanso da pastagem e à matéria seca da extrusa, respectivamente, e pouco colaboraram para o destaque das variáveis.

CONCLUSÕES

A análise fatorial de componentes principais possibilitou uma visão global dos principais relacionamentos entre as variáveis contextualizadas no estudo. A interpretação gráfica visual dos resultados favoreceu a percepção geral mais explícita e dinâmica da intensidade das associações e dos antagonismos entre as variáveis do que aquela normalmente permitida pelo caráter estático das correlações lineares ordinárias. Os fatores de manejo da pastagem, o consumo e a composição química da forragem selecionada no pasto, bem como sua suplementação volumosa e concentrada,

revelaram-se importantes aspectos no contexto nutricional do sistema de produção de leite com base em pastagem de capim-elefante. Tais informações podem ser úteis na definição de modelos de predição de desempenho animal, especificamente construídos para condições tropicais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFIFI, A.A.; CLARK, V. *Computer-aided multivariate analysis*. Belmont, California: Lifetime Learning Publications, 1984. 458 p.
- AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DAYRELL, M.S. et al. Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia e do farelo de algodão em vacas mestiças Holandês × Zebu em lactação. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v. 24, p. 1016-1026, 1995.
- AROEIRA, L.J.M.; SILVEIRA, M.I.; LIZIEIRE, R. S. et al. Digestibilidade, balanço de nitrogênio e concentração de amônia no rúmen de novilhos mestiços alimentados com cana-de-açúcar e uréia mais farelos de arroz ou algodão. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v. 22, p. 893-901, 1993.
- ASENSIO, L.J. *Técnicas de análisis de datos multidimensionales*. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación – Secretaria General Técnica, 1989. 301 p.
- BAKER, J.F.; STEWART, T.S.; LONG, C.R. et al. Multiple regression and principal components analysis of puberty and growth in cattle. *J. Anim. Sci.*, v. 66, p. 2147-2158, 1988.
- CAIRD, L.; HOLMES, W. The prediction of voluntary intake of grazing dairy cows. *J. Agri. Sci.*, v. 107, p. 43-54, 1986.
- CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; DERESZ, F. *A pesquisa em produção de leite a pasto na Embrapa Gado de Leite – 1980 a 1999*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2000. 32p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 61).
- FREUND, R.J.; LITTELL, R. C. *SAS® System for regression*. Cary: SAS Institute, 1986. 167 p.
- KHATTREE, R.; NAIK, D.N. *Multivariate data reduction and discrimination with SAS® software*. Cary, NC: SAS Institute, 2000. 558 p.
- LANNA, D.P.D.; FOX, D.G.; BALSALOBRE, M.A.A. et al. Utilização da metodologia de análises de alimentos do CNCPS e do sistema de produção de gás in vitro na estimativa do valor nutricional do capim-elefante. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBZ, 1996. v. 3., p. 289-291.
- OFFICIAL methods of analysis. 15.ed. Virginia: Association of Official Analytical Chemists, 1990. 1298 p.B
- ROOK, A.J.; DHANOA, M.S.; GILL, M. Prediction of voluntary intake of grass silages by beef cattle. 2. Principal component and ridge regression analyses. *Anim. Prod.*, v. 50, p. 439-454, 1990.
- ROSELER, D.K.; FOX, D.G.; CHASE, L.E. et al. Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 80, p. 878-893, 1997.
- SAMPAIO, I.B.M. *Relatório das atividades de pós-doutorado desenvolvidas no período de 03/09/92 a 04/03/93*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 1993. 123 p.
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos*. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 1998. 166 p.
- USER's guide: statistics. Version 5. Cary, NC: SAS Institute, 1985. 956 p.
- VAN SOEST, P.J. *Nutrition ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University, 1994. 476 p.
- VAZQUEZ, O.P.; SMITH, T.R. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing cows. *J. Dairy Sci.*, v. 83, p. 2301-2309, 2000.