

A COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E A QUALIDADE DAS FORRAGENS.

ESTUDO PRELIMINAR*

J. M. Abreu, J. L. Coelho-Silva

Instituto Superior de Agronomia – Tapada da Ajuda – 1399 LISBOA CODEX

RESUMO

Em 1987 e 1988 foram estudadas a composição química e a digestibilidade *in vitro* de diversas forragens, entre as quais as incluídas neste trabalho – *Avena sativa*, *Triticale*, *Vicia sativa* e *Lupinus* spp. As determinações incidiram sobre os componentes morfológicos (caules, folhas e órgãos reprodutores) e foram feitas em cinco datas, de Março a Maio, de cada ano.

Os resultados mostraram taxas de decréscimo médias da digestibilidade e da proteína bruta diferenciadas entre as gramíneas e as leguminosas e, dentro das espécies estudadas, entre os vários componentes morfológicos, evidenciando o efeito, naqueles teores, da alteração das proporções morfológicas com o evoluir do ciclo cultural.

Para as forragens estudadas verificou-se que a digestibilidade e a proteína bruta são estimáveis a partir da composição morfológica respectiva, com rigor suficiente para a valorização energética e azotada. A modelação assim obtida permite simplificar a avaliação do valor nutritivo das forragens em condições reais de utilização.

PALAVRAS-CHAVES: Forragens; Composição morfológica; Valor nutritivo.

ABSTRACT

In 1987-88 it has been studied the chemical composition and *in vitro* digestibility of several forages, among which the ones included in this paper – *Avena sativa*, *Triticale*, *Vicia sativa* and *Lupinus* spp. Analytical data were obtained on the different morphological parts of the plants (stems, leaves and reproductive organs) and on five dates of the period March-May of each year.

Results showed different decrease rates of digestibility and crude protein for grass and for legume species and, among the species studied, differences between morphological constituents.

In the species studied it was shown that both digestibility and crude protein can be estimated from the morphological composition, the precision being good enough to allow to attribute both a energy and a nitrogen value of these forages. This makes possible to estimate the nutritive value of these species in practical field conditions.

KEYWORDS: Forages; Morphological composition; Nutritive value.

* Comunicação apresentada na XIV Reunião de Primavera da SPPF. Braga, Abril de 1993.

As variações da quantidade e da qualidade* dos componentes morfológicos – **caules, folhas e órgãos reprodutores** – das forragens, à medida que estas envelhecem, são marcadas (3) e responsáveis, em larga medida, pelo valor dos alimentos que delas se obtêm. Paradigmático é o decréscimo da digestibilidade das forragens ao longo do ciclo – Demarquilly e Andrieu (2) afirmam que a digestibilidade depende essencialmente do estado de desenvolvimento da forragem. Estas variações de digestibilidade, e também do teor de proteína bruta, podem ser associadas às alterações das proporções de caules, folhas e órgãos reprodutores, como se pode retirar dos resultados apresentados, por exemplo, em Abreu *et al.* (1) e em Demarquilly e Weiss (4), para alguns grupos taxonómicos.

É correntemente referido (2, 12) que as diferenças de digestibilidade entre variedades são normalmente pequenas e que os factores do meio têm reduzida influência, mais, para a mesma família as diferenças devidas ao estado de desenvolvimento são mais importantes do que as encontradas entre espécies, embora estas últimas possam assumir alguma importância para o mesmo estado fenológico. Por seu lado, Pritchard *et al.* (10) afirmam que a variação da digestibilidade ao longo do tempo é marcada e distinta para cada espécie; aceitam que as condições climáticas alteram, para a mesma data, sobretudo o estado de desenvolvimento da forragem: entre anos, as taxas e o tipo de evolução permanecem basicamente os mesmos.

Por seu lado, as proporções de proteína bruta dependem de factores ecológicos (temperatura, humidade, nutrientes no solo), assim como da idade e constituição genética da planta, com os valores mínimos a serem obtidos cerca de maturação completa, depois de ao longo do ciclo sofrerem declínio semelhante ao da relação caules/folhas (7). As folhas das forragens contêm duas a três vezes o teor de proteína dos caules (9); a fertilização azotada tem influência marcada no teor de azoto (11) e, em condições de disponibilidade não limitantes de N no solo, nas gramíneas aquele teor pode ser explicado apenas em função das quantidades de matéria seca**, embora o material senescente possa alterar este tipo de relação***.

* Neste trabalho, a qualidade é caracterizada apenas por digestibilidade da matéria seca e teor de proteína bruta.

** Relação do tipo $N = \alpha \cdot MS^{-\beta}$, de acordo com aqueles autores.

*** [Kefford, 1958, citado por Mowat (8) e Duru e Gibon (5)].

Neste trabalho apresentam-se as evoluções da digestibilidade *in vitro* e do teor em proteína bruta (Kjeldhal) para quatro forragens de reconhecido interesse na alimentação de ruminantes. Procuram-se ainda relações entre os componentes morfológicos e aquelas variáveis nutricionais, de modo a simplificar a avaliação dos valores energético e azotado das forragens à medida que o respectivo ciclo evolui.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

Os resultados utilizados neste trabalho provêm do ensaio instalado na Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, em Elvas, entre 1986 e 1988. Em cada ano foram semeadas seis forragens (quadro 1), com três repetições de cada, em casualização total; as repetições consistiam em talhões de $5 \times 5 \text{ m}^2$ separados por espaços de 1,6 m; em cada talhão foram semeadas dezasseis linhas espaçadas 0,3 m.

QUADRO 1 – Plantas forrageiras, fertilizações e densidades.

Espécies/cultivares	Data de sementeira	Fertilização (data)	Densidade de sementeira (g m^{-1})
<i>Hedysarum coronarium</i> (Sula cv. regional)	86-11-12	Nitrolusal 30 Un (Mar.)	6,0
<i>Vicia villosa</i> (Ervilhaca cv. Amoreiras)	"	–	8,0
<i>Vicia sativa</i> (Ervilhaca cv. Piedade)	"	–	12,0
<i>Avena sativa</i> (Aveia cv. Boa-Fé)	"	Nitrolusal 30 Un (Mar.)	14,0
<i>Triticale</i> (ENMP 3929)	"	Nitrolusal 30 Un (Mar.)	16,0
<i>Lupinus angustifolius</i> (ENMP 4663)	"	–	12,0
<i>Trigonella foenum-graecum</i> (Fenacho cv. regional)	87-11-25	Superfosfato 26% 30 Un (Fev.)	8,0
<i>Avena sativa</i> (Aveia cv. Boa-Fé 1691)	"	Idem + Nitrolusal 30 Un (Fev. e Mar.)	14,0
<i>Triticale</i> (ENMP 3929)	"	Idem	16
<i>Lolium</i> (Azevém cv. Elsa)	"	Idem	2,4
<i>Vicia sativa</i> (Ervilhaca cv. Piedade)	"	Superfosfato 26% 30 Un (Fev.)	12
<i>Lupinus luteus</i> (ENMP 3077)	"	Superfosfato 26% 30 Un (Fev.)	14

Os cortes para amostra foram feitos entre o fim de Março e o fim de Maio, separados por períodos de quinze dias. As mediações efectuadas em cada corte foram as seguintes:

- 1) determinação da produção utilizável, por colheita de amostras de $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$;
- 2) determinação da composição morfológica, por colheita ao acaso de pelo menos quinze plantas, as quais foram medidas, separadas em caules (caules + bainhas, no caso das gramíneas), folhas e órgãos reprodutores;
- 3) determinação dos componentes proteína bruta (PB), fibra bruta e cinzas (Weende);
- 4) determinação das paredes celulares pelo método de Van Soest (13);
- 5) determinação da digestibilidade *in vitro* (DIV), utilizando celulasas, com base no método descrito por Jarrige e Thivend (6).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 mostram a evolução observada, das digestibilidades e dos teores de proteína bruta, de caules, folhas e órgãos reprodutores, bem como da totalidade da planta.

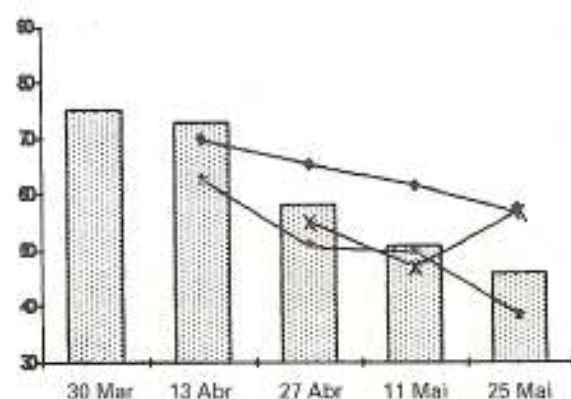
Digestibilidade in vitro

A DIV de caules e folhas de aveia decresceu de forma acentuada no período estudado (0,61 e 0,31% por dia, respectivamente); o mesmo aconteceu com o tritcale (0,49 e 0,21% por dia), enquanto que a dos órgãos reprodutores apresentou, em média, menores diferenças*. De referir que se obtiveram resultados semelhantes para o *Lolium multiflorum*, no que respeita a caules e folhas (embora com valores mais altos de DIV em cada data); os órgãos reprodutores mostraram decréscimos com taxas elevadas.

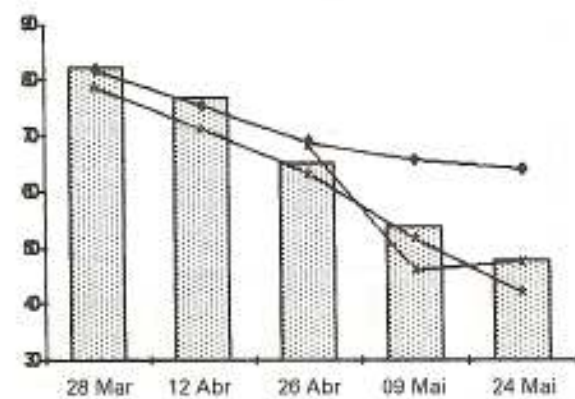
Nas folhas das leguminosas estudadas a DIV decresceu, em geral, a taxas médias menores; no caso da ervilhaca a taxa média de decréscimo da digestibilidade foi, para folhas e caules, de cerca de 0,22%**; embora os caules tenham, no início do período, menor DIV; os órgãos reprodutores apresentaram decréscimos de DIV da ordem dos 0,5% por dia, que foram das mais elevadas de entre as observadas. Os *Lupinus* apresentaram resultados muito similares entre si: elevadas digestibilidades das folhas, com decréscimos mínimos ao longo da maturação; comparativamente menores DIV dos caules, com decréscimos diários de 0,3%; elevadas digestibilidades de órgãos reprodutores, com pequenas ou mesmo nulas variações com a maturação.

* Diminuiu da floração ao início da maturação do grão, para depois aumentar na proporção directa da importância relativa da matéria seca (MS) do grão na inflorescência, à medida que esta amadurece.

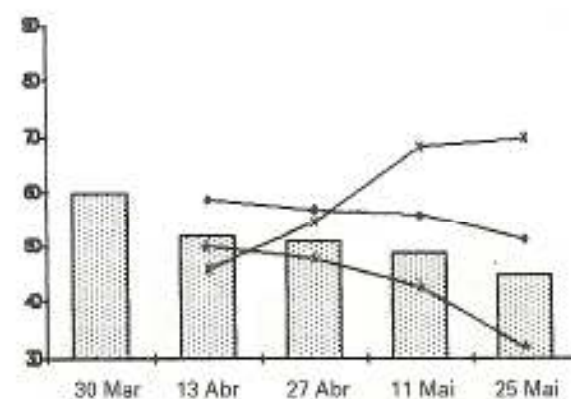
** A variação da digestibilidade, entre anos, deve ser tomada em linha de conta, nomeadamente neste caso da *V. sativa*.



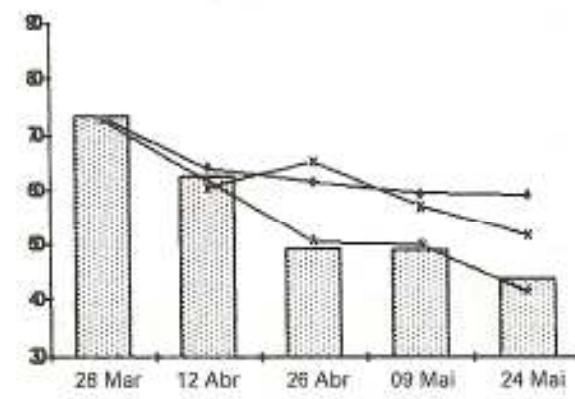
A1 - Aveia: DIV (87)



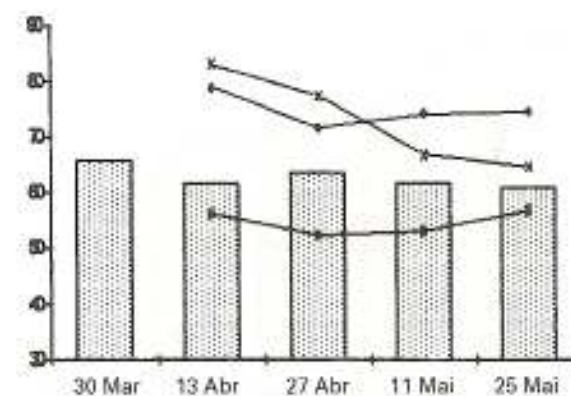
A2 - Aveia: DIV (88)



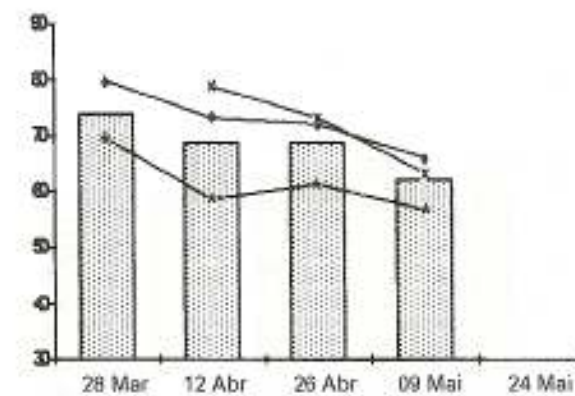
B1 - Triticale: DIV (87)



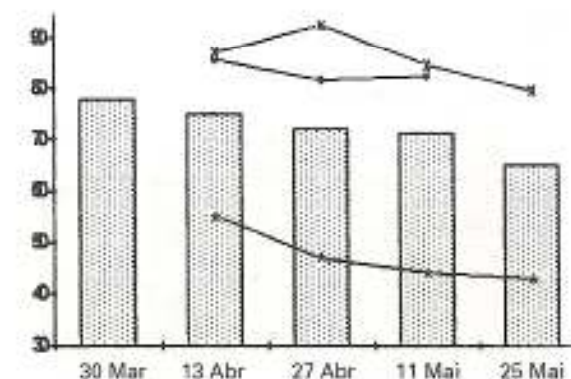
B2 - Triticale: DIV (88)



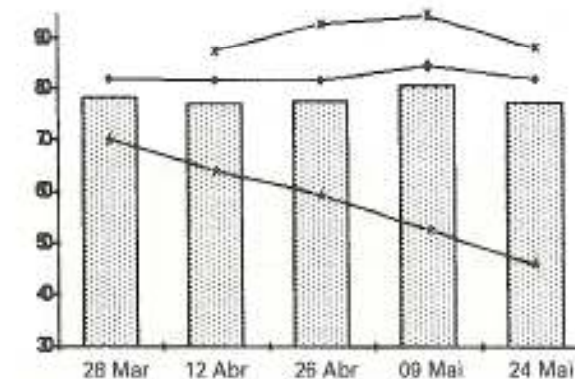
C1 - Ervilhaca: DIV (87)



C2 - Ervilhaca: DIV (88)



D1 - Lupinus: DIV (87)



D2 - Lupinus: DIV (88)

FIGURA 1 – Digestibilidades *in vitro* das forragens estudadas, totais [... ..] e de folhas [◆—◆], caules [*—*] e órgãos reprodutivos [x—x].

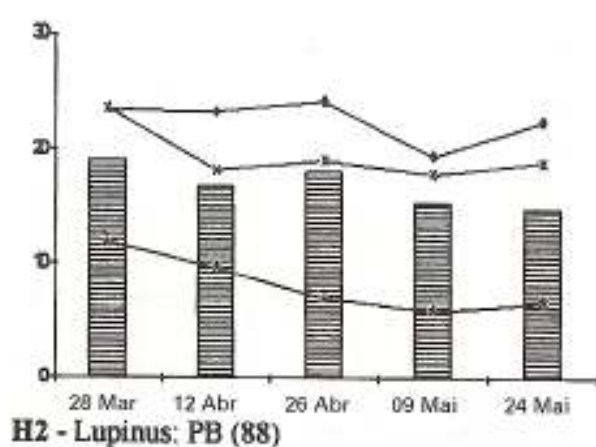
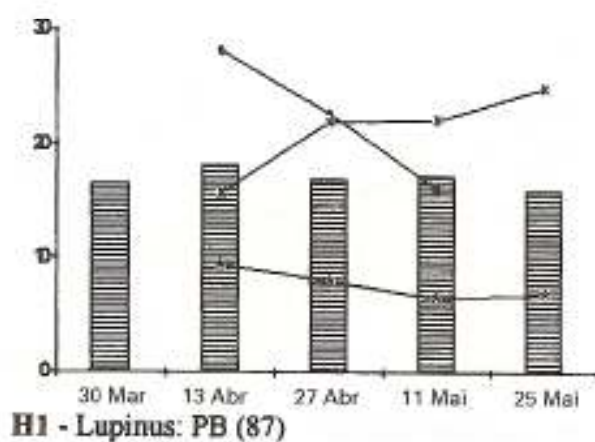
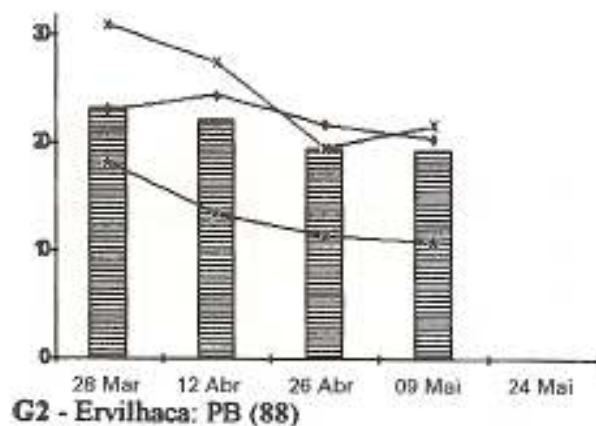
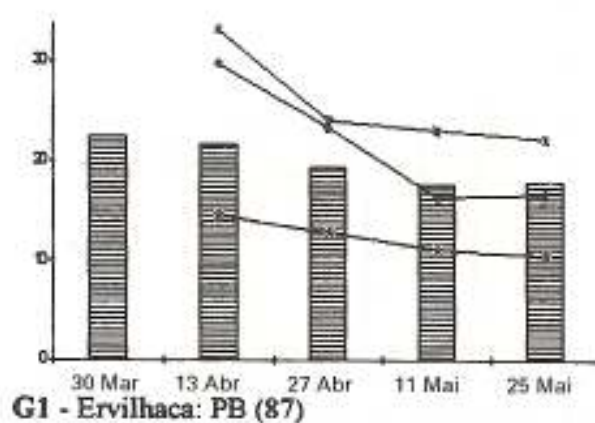
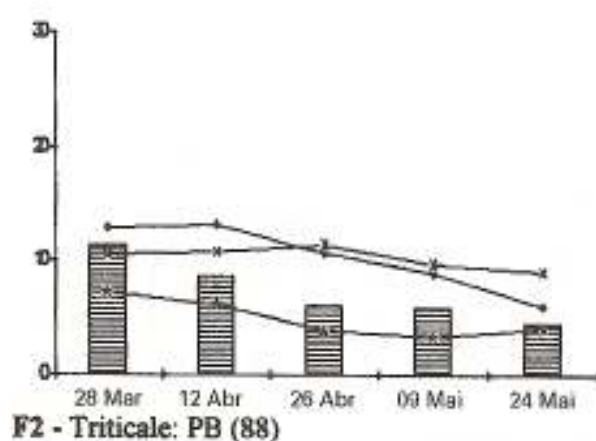
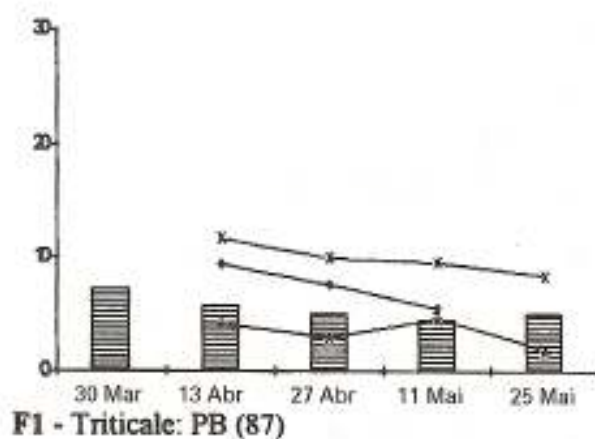
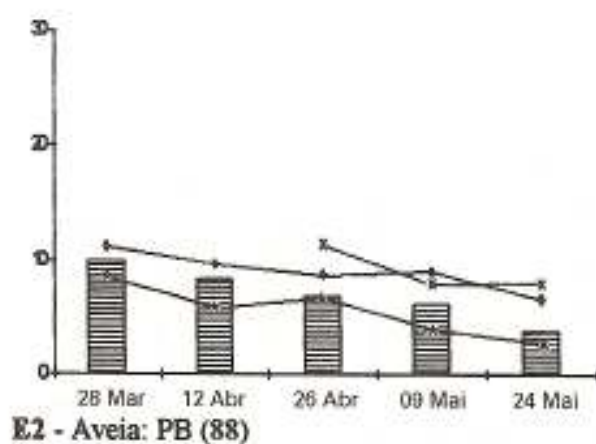
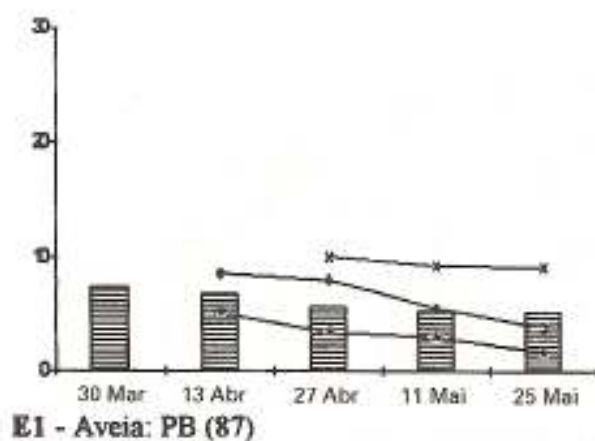


FIGURA 2 – Teores de proteína bruta das forragens estudadas, totais [≡] e de folhas [◆◆], caules [*-*] e órgãos reprodutivos [x-x].

Proteína Bruta

A proteína bruta decresceu, em geral, no período em estudo. Os seus teores nas folhas e órgãos reprodutores das gramíneas foram mais elevados 3 a 5 unidades que nos caules, as menores diferenças foram encontradas nas fases intermédias, dado que os maiores decréscimos dos caules ocorreram nas primeiras datas, enquanto que a PB das folhas decaíu mais abruptamente no fim do ciclo biológico. As taxas médias de decréscimo no período foram de 0,09% dia⁻¹ para caules e folhas de aveia, 0,05 e 0,13% dia⁻¹ para caules e folhas de triticales, respectivamente; no caso dos órgãos reprodutores, as taxas foram de 0,078 (aveia) e 0,052% dia⁻¹ (triticales).

No caso das leguminosas, as diferenças encontradas nos teores de PB entre folhas e caules foram muito mais marcadas, com as maiores diferenças a verificarem-se nas fases mais jovens e a diminuírem nas fases tardias, sobretudo à custa dos elevados decréscimos nas folhas no final do ciclo (embora este efeito se faça sentir mais nas vícias que nos *Lupinus* estudados, onde a quebra é mais precoce). No caso da *Vicia sativa*, as taxas de decréscimo médias foram de 0,13 e 0,18% dia⁻¹, respectivamente para caules e folhas, se bem que, como para a digestibilidade, a variabilidade entre anos deverá ser tomada em consideração; para *Lupinus* as taxas diárias foram de 0,07 e 0,22%, respectivamente para caules e folhas. No caso dos órgãos reprodutores, refira-se que nos *Lupinus* a PB não sofreu decréscimos significativos com a maturação, enquanto que na *Vicia sativa* os decréscimos foram marcados, da ordem de 0,24% dia⁻¹ *.

Composição morfológica

Nas gramíneas, a proporção de folhas decresceu acentuadamente no período estudado, com taxas semelhantes para aveia e triticales, embora este apresente menor proporção de folhas em cada data **. Os caules, por sua vez, na aveia aumentaram claramente da primeira para a segunda e depois ligeiramente até à quarta data, apenas perderam importância relativa com a formação do grão; no triticales os caules apresentaram proporção superior à aveia (cerca de 16 a 20%) na primeira amostragem, aumentaram nas duas datas seguintes, após o que ocorreram decréscimos até ao fim do período. A proporção de órgãos reprodutores aumentou continuamente até atingir 44% no triticales e 33-34% na aveia.

* Resultado similar ocorreu na *V. villosa*, onde os teores de PB dos órgãos reprodutores baixaram ainda mais rapidamente.

** Resultados semelhantes aos aqui apresentados foram obtidos para *Lolium multiflorum*, embora neste caso a proporção de caules alcance maiores valores no fim do ciclo cultural (cerca de 70%), e comparativamente menor proporção de órgãos reprodutores (máximo obtido de 20%).

Nas leguminosas, observou-se o decréscimo da proporção de folhas em todo o período estudado, com taxas particularmente elevadas a partir do fim de Abril na ervilhaca; os caules apresentaram uma evolução similar, com teores em cada data comparativamente mais baixos (10 a 20 unidades). O peso de órgãos reprodutores assume grande importância no final do ciclo (44 a 50%). Nos *Lupinus*, os caules representam 50% do peso total na data inicial, para decrescerem à medida que aumenta o peso dos órgãos reprodutores (que, nas últimas datas, ultrapassam os 50% do total); os teores de folhas situam-se no início cerca de 10 unidades abaixo dos dos caules, para decrescerem mais rapidamente que estes até serem praticamente inexistentes no fim do período estudado.

Verificou-se que, nas condições do ensaio, as evoluções dos valores energético e azotado das forragens apresentadas são acompanhadas por alterações nas relações caules/folhas/órgãos reprodutores, aspecto aliás já descrito em condições diversas.* O decréscimo rápido da quantidade de folhas das forragens com o avanço da maturação influencia claramente a DIV e a PB, contudo, há que referir que a percentagem de folhas não está, por vezes, relacionada com a DIV (no sentido em que plantas mais folhosas não são necessariamente mais digeríveis) (9), aliás, para gramíneas, variações nesta grandeza entre variedades de uma mesma espécie podem ser atribuídas principalmente a diferenças na DIV dos caules (8).

Modelação morfológica

Dado que os resultados encontrados sugeriram relações marcadas entre composição morfológica e os indicadores de valorização energética e azotada usados, tentou-se a quantificação dessas relações, através do estabelecimento de modelos empíricos por regressão múltipla. Este tipo de procedimento permitirá, além do mais, a simplificação da avaliação da digestibilidade e da proteína bruta, para efeitos práticos de avaliação das forragens em condições reais de utilização. Basicamente, estudaram-se todos os modelos lineares possíveis para explicar a DIV e a PB a partir das proporções de caules, folhas e órgãos reprodutores.** A figura 3 mostra a modelação aplicada aos resultados apresentados para ervilhaca e aveia nas tabelas de valor alimentar de Abreu *et al.* (1), para exemplificar o método adoptado. O quadro 2 apresenta os melhores modelos encontrados para as forragens incluídas neste estudo, bem como alguns dos indicadores de qualidade calculados.

* Cf. por ex. Demarquilly e Andrieu (2) e Ulyatt (12).

** Ou seja, tentaram-se todas as combinações possíveis daqueles três componentes: F, C, R, FC, FR, CR, FCR (F = folhas, C = caules, R = órgãos reprodutores).

Foram ainda testadas as condições de aplicação da regressão, em ordem à detecção de eventuais violações dos pressupostos-base. Refira-se que os modelos encontrados apenas mostram que será possível estabelecer preditores razoáveis da digestibilidade e do teor azotado a partir da composição morfológica, pelo menos para algumas forragens. Para tal será necessário alargar o âmbito do estudo e considerar maior número de anos e intervalos de tempo mais curtos entre amostras.

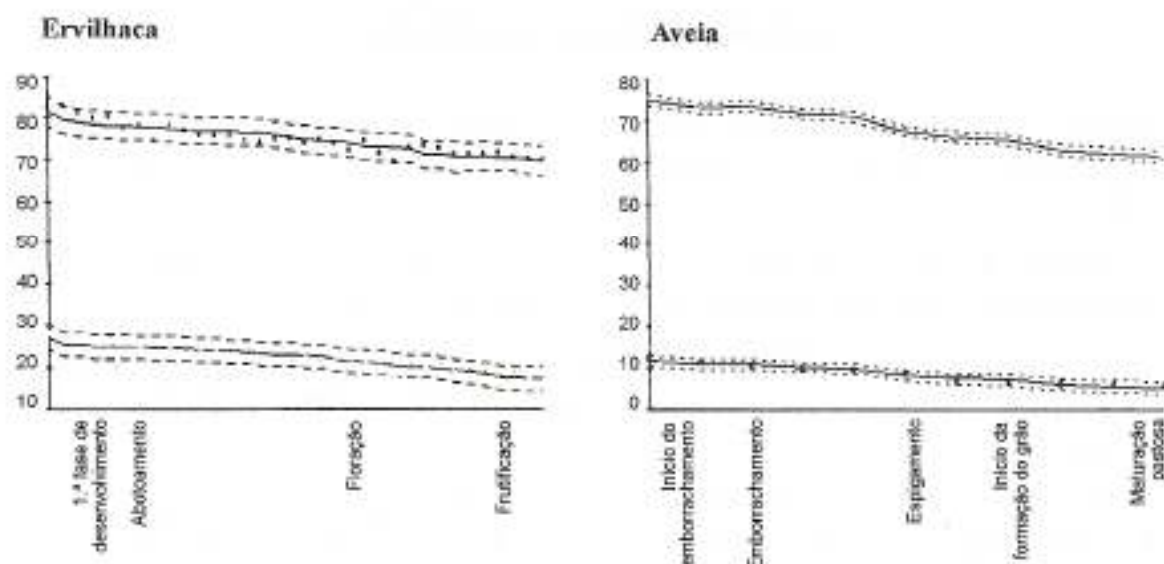


FIGURA 3 – Modelos de regressão obtidos para estimação da digestibilidade *in vivo* (topo) e proteína bruta (base) para ervilhaca e aveia. Indicação dos dados observados e dos intervalos de confiança de predição (95%), em cada fase fenológica.

QUADRO 2 – Melhores modelos obtidos para explicar a digestibilidade *in vitro* (A) e a proteína bruta (B), a partir da composição morfológica. Indicação do coeficiente de determinação ajustado (r^2), do grau de confiança da regressão (F) e da significância dos regressores (t_F para *folhas*, t_C para *caules*, t_R para *órgãos reprodutores*)

Espécie	n.º	Modelo	r^2	F	t_F	t_C	t_R
A Digestibilidade <i>in vitro</i>							
Aveia	1	$DIV = 304 - 2,01 \times F - 2,61 \times C - 2,80 \times R$	0,992	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	2	$DIV = 33,67 + 0,755 \times F$	0,957	<0,01	<0,01	-	-
Triticale	1	$DIV = 30,72 + 0,965 \times F + 0,086 \times R$	0,985	<0,01	<0,01	-	<0,1
	2	$DIV = 34,473 + 0,880 \times F$	0,983	<0,01	<0,01	-	-
Ervilhaca	1	$DIV = 60,05 + 0,348 \times F - 0,194 \times C$	0,807	<0,01	<0,01	<0,01	-
	2	$DIV = 95,02 - 0,545 \times C - 0,349 \times R$	0,805	<0,01	-	<0,01	<0,01
Lupinus	1	$DIV = 79,72 + 0,208 \times F + 0,325 \times C$	0,770	<0,01	<0,01	-	<0,01
(nenhum outro modelo aceitável)							
B Proteína bruta							
Aveia	1	$PB = 3,293 + 0,080 \times F$	0,588	<0,01	<0,01	-	-
Triticale	1	$PB = 25,03 - 0,253 \times C - 0,208 \times R$	0,821	<0,01	-	<0,01	<0,01
	2	$PB = 1,945 + 0,196 \times F$	0,791	<0,01	<0,01	-	-
Ervilhaca	1	$PB = 14,901 + 0,143 \times F$	0,715	<0,01	<0,01	-	-
Lupinus		(nenhum modelo linear aceitável)					

As diferenças observadas nas variações da DIV e da PB dos vários componentes morfológicos, interagindo com a evolução ponderal destes, à medida que a planta envelhece, explicam as alterações, no tempo, da digestibilidade e do teor de azoto. As gramíneas estudadas mostraram maior determinismo nas alterações registadas, o que se explicará, pelo menos em parte, pelos hábitos de crescimento intercalar destas espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – ABREU, J.; CALOURO, F.; SOARES, A. – *Tabelas de Valor Alimentar – Forragens Mediterrâneas Cultivadas em Portugal. (1.ª Contribuição)*. Lisboa, UTL – INIA – ISA, 1982.
- 2 – DEMARQUILLY, C.; ANDRIEU, J. – *Les fourrages*. In: "JARRIGE, R. (ed.) – Alimentation des bovins, ovins et caprins". Paris, INRA, 1988.
- 3 – DEMARQUILLY, C.; JARRIGE, R. – *The comparative nutritive value of grasses and legumes*. In: "Proceeding 5th Meeting of Europ. Grassl. Federation, UPPSALA, 1973". p. 34-41.
- 4 – DEMARQUILLY, C.; WEISS, Ph. – *Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages*. Versailles, INRA, Service d'Experimentation et d'Information, 1970. (Étude, n.º 42).
- 5 – DURU, M.; GIBBON, A. – *Prévoir la valeur nutritive des foin et des regains dans les Pyrénées centrales. I – Principaux facteurs de la variation de la composition chimique*. "Fourrages", vol. 114, 1988, p. 143-165.
- 6 – JARRIGE, R.; THIVEND, P. – *Action d'une cellulase fongique sur les membranes, et son intérêt pour prévoir la digestibilité des plantes fourragères*. "Ann. Biolo. Anim. Bioch Biophys", 9 (2) 1969, p. 171-190.
- 7 – LUCENA, E.; BLANCO, M.; CASTRO, A. – *La problemática general y específica de la bromatología pascícola*. "Pastos", 13 (1-2), 1983, p. 125-159.
- 8 – MOWAT, D. N.; CHRISTIE, B. R.; WINCH, J. E. – *The in vitro digestibility of plant parts of orchardgrass clones with advancing stages of maturity*. "Can J. Plant Sci.", vol. 45, 1965, p. 503-507.
- 9 – MOWAT, D. N. *et al.* – *The in vitro digestibility and protein content of leaf and stem portions of forages*. "Can. J. Plant Sci.", vol. 45, 1985, p. 321-331.
- 10 – PRITCHARD G. I.; FOLKINS, L. P.; PIDGEN, W. J. – *The in vitro digestibility of whole grasses and their parts at progressive stages of maturity*. "Can. J. Plant Sci.", vol. 43, 1963, p. 79-87.
- 11 – SALETTE, J.; LEMAIRE, G. – *Sur la variation de la teneur en azote des graminées fourragères pendant leur croissance: formulation d'une loi de dilution*. "C. R. Acad. Sc. Paris", vol. 292, 1981, p. 875-878.
- 12 – ULYATT, M. – *The feeding value of temperate pastures*. In: "NEYMANN-SORENSEN, A.; TRIBE, D. (ed.) – World Animal Science". vol. B1. Elsevier, Melbourne, 1981, p. 125-142.

- 13 – VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J. – *Systems of analysis for evaluating fibrous feeds*.
In: "PIDGEN, W.; BELCH, C.; GRAHAM M. (ed.) – Standardization of analytical
methodology for feeds". Ottawa, University Press, 1979, p. 49-60.