

EFEITO DA FERTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE LAMEIROS

II - REGIÃO DA SERRA DA FALPERRA*

José A. Raposo ⁽¹⁾

Maria S. L. Centeno

Jaime Maldonado Pires ⁽²⁾

Mário J. R. de Carvalho

Direcção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes

5370 MIRANDELA

RESUMO

No âmbito do Programa de Calagem, Fertilização e Forragens (PROCAL-FER), instalou-se um ensaio de adubação e calagem em prado natural (lameiro), perto de Vila Pouca de Aguiar. O estudo envolveu a comparação dos efeitos de 36 tratamentos, correspondentes às combinações de 3 níveis de azoto, 3 de fósforo, 2 de potássio e 2 de calcário, na produção de MS e PB e na evolução de diversos parâmetros do solo.

O azoto revelou-se como o factor mais determinante no acréscimo da produção. A resposta ao fósforo e ao potássio verificou-se estar relacionada com o grau de disponibilidade desses elementos no solo e com os níveis de fertilização azotada.

* Comunicação apresentada na XI Reunião de Primavera da SPPF. Bragança, Maio 1990.

⁽¹⁾ Endereço actual: Centro de Estudos de Pedologia, IICT, Tapada da Ajuda, 1399 LISBOA CODEX.

⁽²⁾ Endereço actual: Escola Superior Agrária de Bragança, 5300 BRAGANÇA.

A utilização do calcário conduziu à diminuição do teor de fósforo assimilável no solo e, conseqüentemente, a um decréscimo de produções para as combinações de calcário com baixos níveis de fósforo.

PALAVRAS-CHAVES: Prados naturais, Lameiros, Adubação, Calagem.

ABSTRACT

Included in the Liming, Fertilization and Forages Program (PROCALFER), an experiment of fertilization and liming was conducted on traditional permanent pasture ("lameiro"). The area is situated in the North-East of Portugal (Vila Pouca de Aguiar) and the soils are *Dystric Cambisols*. Treatments involved different combinations of 3 N, 3 P, 2 K and 2 L rates of fertilization, with two replications.

Nitrogen was the most important factor for production increasing. The effects of phosphorus and potassium were related to P_2O_5 and K_2O availability in the soil and with the rates of N fertilization.

Limestone application reverted phosphorus into less available forms. Therefore, low P_2O_5 applications, with lime, led to reduced crop yields.

1 — INTRODUÇÃO

O ensaio inseriu-se no âmbito dos objectivos já descritos na comunicação "Efeito da Fertilização na Produção de Lameiros. I-Região Planáltica de Bragança".

A área do ensaio situa-se em **Alfarela de Jales**, próximo de Vila Pouca de Aguiar, a uma altitude de 920 m e com precipitação média anual de 1380 mm. Os solos enquadram-se na unidade *Cambissolos Dístricos*, da classificação da FAO/UNESCO (3).

2 — MATERIAL E MÉTODOS

Seguiu-se a metodologia utilizada para o ensaio da Região Planáltica de Bragança*, nomeadamente no que respeita ao esquema estatístico, número de combinações, factores, níveis, forma e época de aplicação de fertilizantes, assim como data e processo de colheita da produção de erva.

* "Pastagens e Forragens", 11 (2) 1990, p. 41 - 53

3 — RESULTADOS

3.1 — Produção de matéria seca.

No quadro 1 apresentam-se as produções médias anuais de matéria seca correspondentes aos diferentes tratamentos em análise.

QUADRO 1 — Produções médias anuais (kg ha⁻¹ MS) relativas às combinações NPKL.

			N ₀			N ₁			N ₂		
			P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂
A ₂	K ₀	L ₀	3 661	5 062	4 458	6 156	6 348	5 620	6 741	8 051	8 360
		L ₁	5 998	4 305	5 947	4 596	5 979	4 959	7 514	8 613	7 971
	K ₁	L ₀	3 037	5 162	3 269	5 734	6 758	6 030	7 868	8 446	7 487
		L ₁	3 871	5 660	5 828	7 042	5 768	6 914	7 669	8 474	9 810
A ₃	K ₀	L ₀	2 118	2 102	1 573	3 122	3 603	2 914	3 530	4 476	4 360
		L ₁	1 774	1 779	2 097	2 816	3 205	3 700	4 205	3 767	4 273
	K ₁	L ₀	2 347	2 733	1 941	3 275	2 451	3 469	4 388	4 359	4 389
		L ₁	2 386	1 961	1 773	3 507	2 883	3 704	4 026	3 959	4 657
A ₄	K ₀	L ₀	2 363	4 284	3 481	7 806	5 968	7 013	8 949	8 358	8 877
		L ₁	3 099	3 117	3 561	5 719	7 137	7 300	9 175	6 642	9 704
	K ₁	L ₀	2 397	4 610	4 393	6 409	7 626	6 580	8 804	8 908	7 109
		L ₁	2 992	3 280	4 722	7 364	6 818	8 669	9 180	8 944	10 843
A ₅	K ₀	L ₀	3 215	4 583	3 358	5 994	6 183	6 056	6 987	7 712	7 598
		L ₁	4 472	4 517	4 045	6 548	6 333	6 441	7 603	8 695	7 919
	K ₁	L ₀	3 610	4 143	3 865	6 476	6 164	6 471	8 957	8 815	10 521
		L ₁	3 429	4 411	4 357	5 756	6 578	7 232	7 562	7 914	10 795

Os resultados da análise de variância, obtidos com base no tratamento conjunto das produções dos quatro anos e referidos no quadro 2, revelam o efeito altamente significativo do azoto, das interações anos x azoto e fósforo x calcário. As respostas ao fósforo e ao potássio situam-se a um nível muito significativo. Há ainda a assinalar o efeito significativo do calcário e a ocorrência de diferenças muito significativas para as produções dos anos e das repetições dentro dos anos.

QUADRO 2 — Resultados da análise de variância.

Origem	Nível de significância (F)
Anos	221,86***
Rep/anos	5,39***
Azotos	421,14***
Fósforo	6,96**
Potássio	8,33**
Calcário	3,92*
Anos x azoto	15,68***
Fósforo x Calcário	7,55***

* 5% $\geq P > 1\%$; ** 1% $\geq P > 0,1\%$; *** $P \leq 0,1\%$.

Na análise dos valores em que se verificou existirem diferenças significativas, determinadas pelo efeito das combinações em análise, destaca-se o papel do azoto como factor determinante do aumento da produção (quadro 3). Com efeito, aos níveis N_1 e N_2 corresponderam produções em MS da ordem das 5-6 e 7-8 t ha⁻¹ respectivamente, contra as 3-4 t ha⁻¹ obtidas nos talhões sem azoto.

QUADRO 3 — Produções (kg ha⁻¹ MS) relativas às combinações NPK⁽¹⁾.

	N_0			N_1			N_2			Médias
	P_0	P_1	P_2	P_0	P_1	P_2	P_0	P_1	P_2	
K_0	3 663	3 719	3 565	5 345	5 594	5 500	6 838	7 039	7 383	5 383
K_1	3 008	3 995	3 769	5 695	5 631	6 134	7 307	7 477	8 201	5 691
Médias	3 235	3 857	3 667	5 520	5 613	5 817	7 072	7 258	7 792	5 537
		3 586			5 650			7 374		
	Valores centrais			Fósforo			Azoto			Potássio
	DMS \pm 627			\pm 444			\pm 256			\pm 209

⁽¹⁾ Média de 4 anos, com e sem calcário.

O efeito do fósforo situa-se a um nível significativo em N_0P_1 e N_2P_2 e o potássio em N_1P_2 e N_2P_2 .

Quanto ao calcário, verifica-se que só se apresenta significativo, ou próximo da significância, a 5%, para as combinações com P_2 . Com P_1L_0 , as produções médias são sempre superiores, embora sem serem significativas, às que se verificaram em P_1L_1 (quadro 4).

QUADRO 4 — Produções (kg ha⁻¹ MS) relativas às combinações NPL.

	N ₀			N ₁			N ₂			Médias
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂	
L ₀	2 968	4 085	3 292	5 621	5 638	5 519	7 028	7 391	7 338	5 431
L ₁	3 503	3 629	4 041	5 418	5 588	6 115	7 117	7 126	8 247	5 643
Médias	3 236	3 857	3 667	5 520	5 613	5 817	7 073	7 259	7 793	5 537
		3 586			5 650			7 375		
	Valores centrais			Fósforo			Azoto			Potássio
	DMS ± 627			± 444			± 256			± 209

Numa apreciação global, constata-se que a produção máxima corresponde à combinação N₂P₂L₁, a qual é significativamente superior às restantes.

Da análise da interacção PL, observa-se que (P₂ - P₁) (L₁ - L₀) é de + 504 kg ha⁻¹ MS e (P₁ - P₀) (L₁ - L₀) de - 198 kg ha⁻¹ MS, não sendo este valor significativo (quadro 5). Procurar-se-á apreciar esta aparente incongruência do calcário através da análise da evolução do teor do solo em fósforo assimilável.

QUADRO 5 — Produções em kg ha⁻¹ MS relativas às combinações PL.

L ₀			L ₁		
P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂
5 206	5 704	5 383	5 346	5 447	6 134
DMS ± 362					

Ajustando uma superfície de resposta a N e P, obtém-se a seguinte equação:

$$Y = 3293 + 28,5908 N + 1,298 P - 0,0287 N^2 - 0,0062 P^2 + 0,0107 NP$$

$$F_{18,271} = 66,69; r^2 = 0,95 (P \leq 0,1\%)$$

Salienta-se no entanto que, devido à pequena curvatura das respostas a N e P, o máximo de produção situa-se para valores muito superiores aos níveis ensaiados.

3.2 — Produção de proteína bruta

Os elementos analíticos de que já se dispõe respeitam aos anos de 1986/87 (A_4) e 1987/88 (A_5) e constam do quadro 6.

QUADRO 6 — Produções médias anuais (kg ha^{-1} PB) relativas às combinações NPKL.

			N_0			N_1			N_2		
			P_0	P_1	P_2	P_0	P_1	P_2	P_0	P_1	P_2
A_4	K_0	L_0	315	564	525	1 018	707	812	1 129	1 096	1 097
		L_1	398	444	531	685	872	876	1 322	782	1 419
	K_1	L_0	300	581	688	706	883	781	1 149	993	1 040
		L_1	407	462	684	886	760	835	1 194	1 106	2 088
A_5	K_0	L_0	566	719	438	893	902	894	1 076	1 338	1 289
		L_1	574	614	529	962	896	916	1 327	1 222	1 225
	K_1	L_0	473	582	500	933	926	980	1 517	1 424	1 388
		L_1	472	511	561	862	912	1 053	1 174	1 253	1 715

Os resultados da análise de variância revelam o efeito altamente significativo do azoto e significativo do fósforo a da interacção fósforo x calcário (quadro 7). Verificam-se ainda diferenças muito significativas para a produção de PB entre os anos.

QUADRO 7 — Resultados da análise de variância.

Origem	Nível de significância (F)
Anos	7,86***
Azoto	157,37***
Fósforo	3,83*
Fósforo x Calcário	4,15*

* 5% $\geq P > 1\%$; *** $P < 0,1\%$.

A análise das produções respeitantes às combinações NP permite concluir que o azoto é o elemento mais determinante no acréscimo de PB (quadro 8). Assim, para os níveis N_1 e N_2 , as produções de PB situam-se, em geral, nos 800-900 e nos 1100-1400 kg ha^{-1} , respectivamente, contra 400-600 kg ha^{-1} verificados ao nível N_0 .

QUADRO 8 — Produções (kg ha⁻¹ PB) relativas às combinações NP (médias de 2 anos).

N ₀			N ₁			N ₂		
P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂
440	560	557	868	857	893	1236	1152	1408
DMS ± 143								

Entretanto, a produção máxima corresponde à combinação N₂P₂, que é significativamente superior às restantes. Saliente-se que apenas a este nível se verificou uma resposta significativa ao fósforo.

Apreciando o significado da interacção PL, resulta que (P₂ - P₁) (L₁ - L₀) = +120 kg ha⁻¹ PB e (P₁ - P₀) (L₁ - L₀) = -44 kg ha⁻¹ PB, não sendo este valor significativo (quadro 9).

QUADRO 9 — Produções (kg ha⁻¹ PB) relativas às combinações PL.

L ₀			L ₁		
P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂
840	893	869	856	820	1036
	867			904	
Fósforo			Calcário		
DMS ± 117			± 67		

O ajustamento da superfície de resposta a N e P conduz à seguinte equação:

$$y = 489 + 4,2088 N - 0,96736 P - 0,0034 N^2 + 0,00545 P^2 + 0,0020 NP$$

$$F_{[18,27]} = 24,55; r^2 = 0,88 \quad (P < 0,1\%)$$

À semelhança do que se verificou para a matéria seca, a produção máxima de PB situa-se para valores de N e P superiores aos níveis ensaiados.

3.3 — Evolução nos teores do solo em matéria orgânica, fósforo e potássio assimiláveis e valores de pH.

Foi feita uma análise conjunta dos dados analíticos respeitantes aos anos de 1984/85 (A₂), 1985/86 (A₃) e 1986/87 (A₂). Os resultados da análise de variância figuram no quadro 10.

QUADRO 10 — Resultados da análise de variância (teste F).

Origem	MO	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH (H ₂ O)	pH (KCl)
Anos	98,28***	34,24***	8,59***	43,08***	45,28***
Rep/anos	9,25***	7,65***		3,46*	
N		8,14***	6,60**		
P		67,76***			
K			15,71***		
L		7,79**		61,78***	101,48***
AP		5,81**			
AL					3,66*
NP	4,18**				2,93*
NK		6,28**		5,59**	10,28***
NL		4,75*			
PL					3,33*
NPK	3,09*				
NPL	4,50**				
NPKL				3,09*	

* 5% ≥ P > 1%; ** 1% ≥ P > 0,1%; *** P < 0,1%.

O estudo da evolução da fertilidade do solo, feito a partir da análise de variância e da apreciação da evolução dos diversos parâmetros do solo, revela algumas informações que interessa salientar. Assim, o teor de matéria orgânica do solo, cuja evolução se processou independentemente do factor calcário, traduz um decréscimo significativo de A₂ para A₃, mantendo-se em A₄ a um nível sensivelmente idêntico ao de A₃ (figura 1).

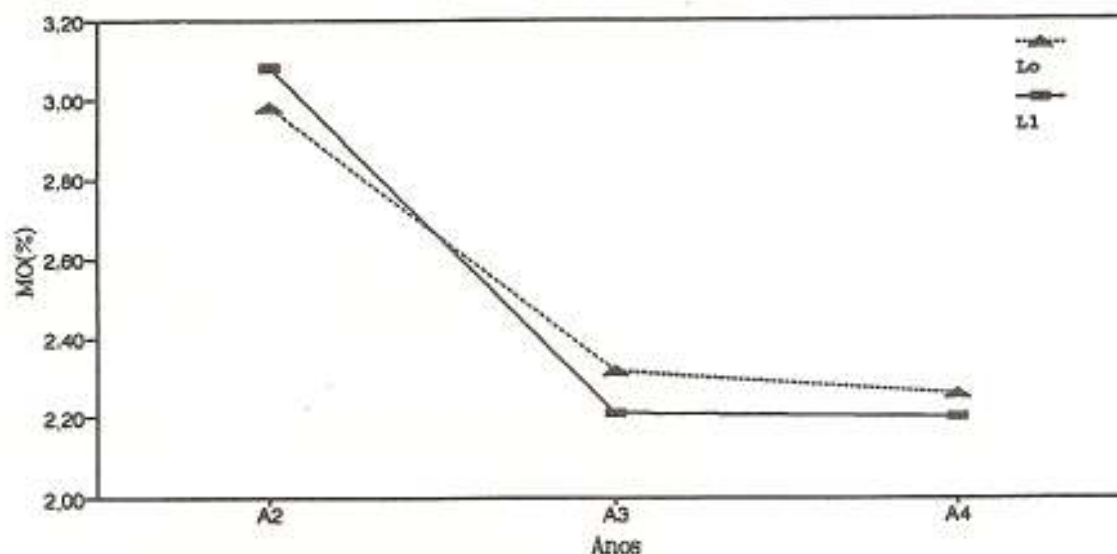


FIGURA 1 — Evolução do teor do solo em MO⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Média anual para as combinações com (L₁) e sem calcário (L₀).

A evolução do teor da disponibilidade do solo em fósforo, para as combinações de P com N₁ e N₂, indicia uma estabilização ao nível dos talhões em que não se verificou qualquer incorporação de fósforo, e uma subida para os restantes, tanto mais intensa quanto maior o nível de adubação fosfatada e menor o de adubação azotada (figura 2).

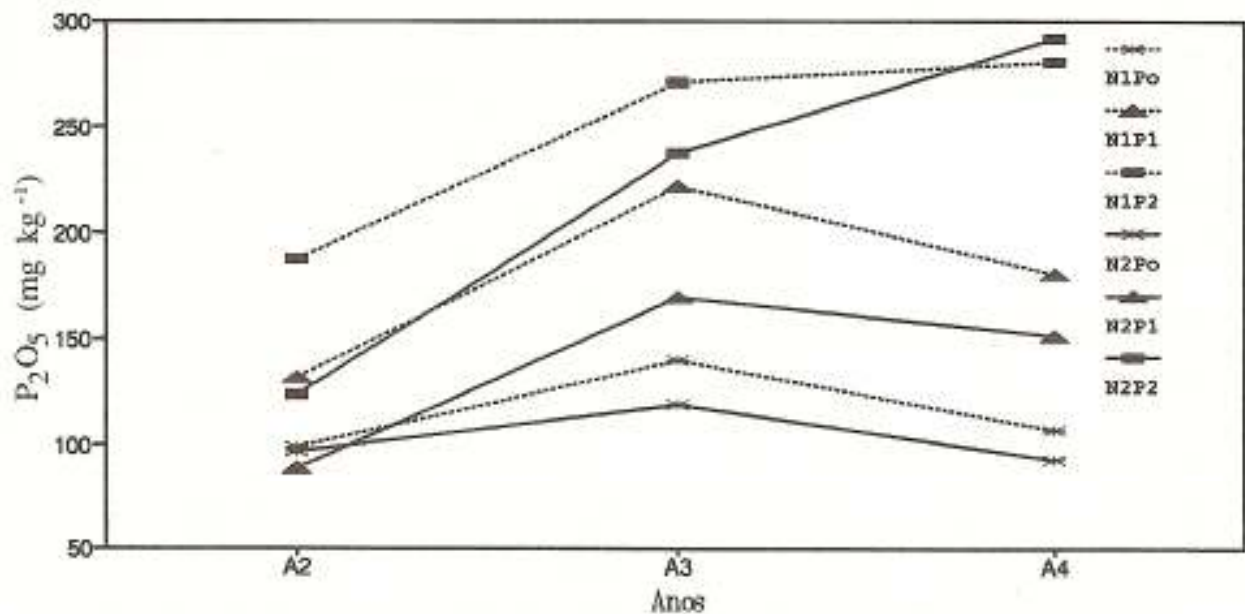


FIGURA 2 — Evolução do teor do solo em P₂O₅ para as combinações de P com N₁ e N₂.

O teor do solo em fósforo assimilável para as combinações PL evidencia, para o mesmo nível de fósforo aplicado, uma diminuição nos talhões em que foi aplicado calcário (figura 3). Esta informação está aliás em concordância com a evolução da produção ao nível das combinações com P₁ (3.1 e 3.2).

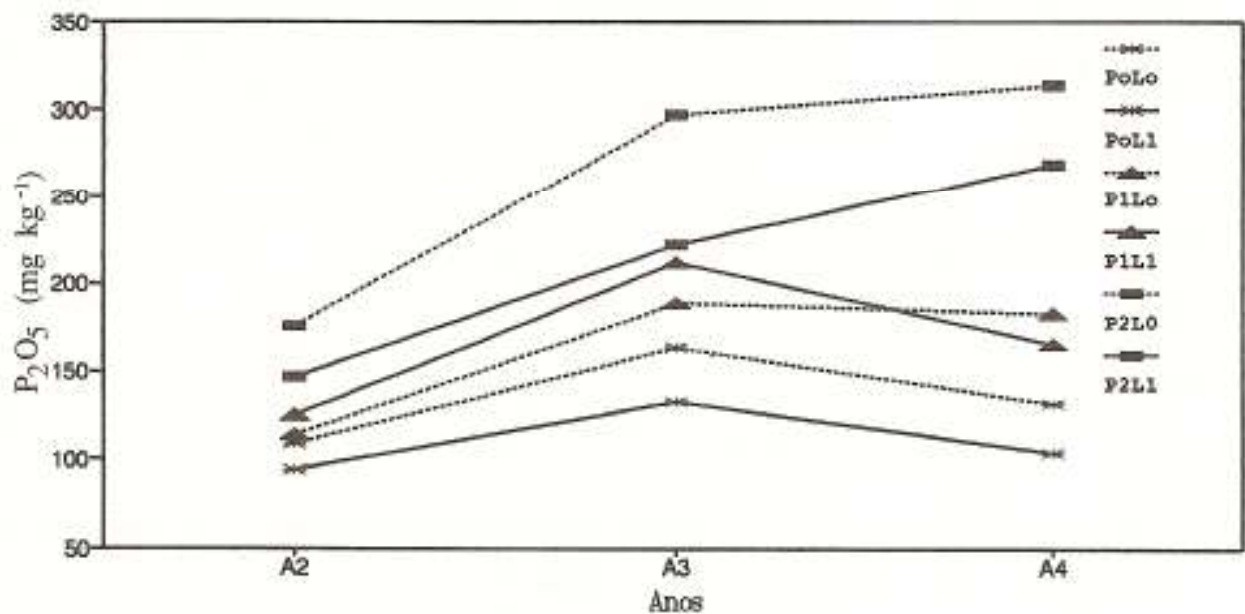


FIGURA 3 — Evolução do teor do solo em P₂O₅ para as combinações PL.

Na evolução do teor do solo em potássio, para os talhões com e sem adubação azotada, detecta-se a manutenção do nível inicial para N_0 e um decréscimo progressivo, na ordem das 10 e 15 mg kg^{-1} , para N_1 e N_2 (figura 4).

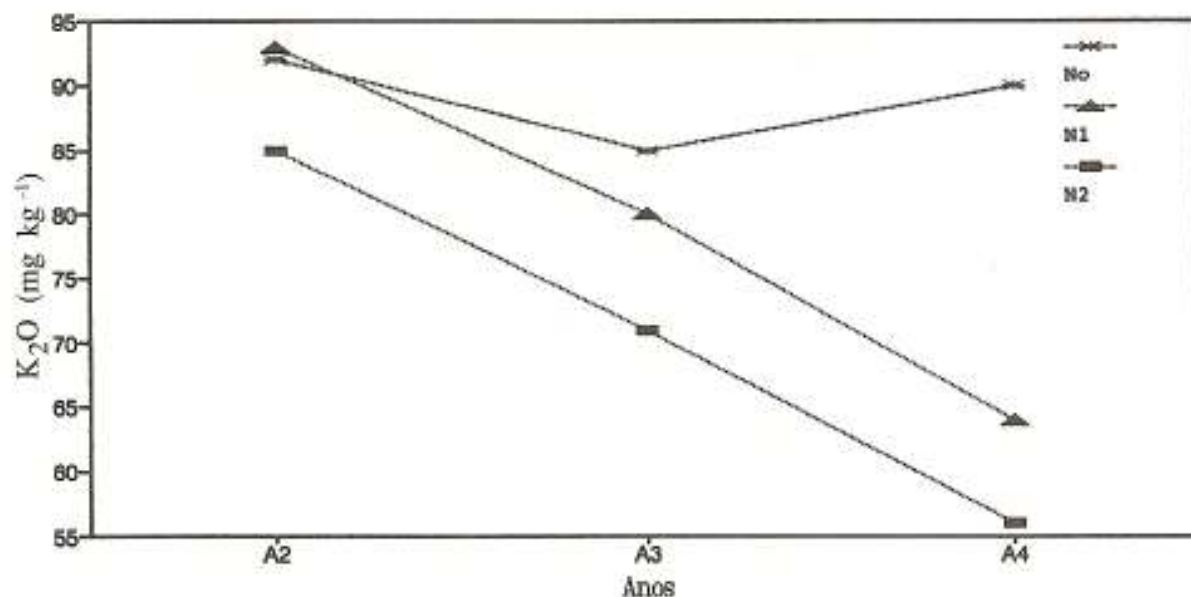


FIGURA 4 — Evolução do teor do solo em K_2O para as combinações N.

Em termos da reacção do solo, verifica-se que o valor de $\text{pH} (\text{H}_2\text{O})$ evoluiu positivamente com a aplicação do correctivo alcalinizante, tendo tido um aumento médio anual de 0,23 unidades por cada 3000 kg ha^{-1} de calcário aplicado (figura 5).

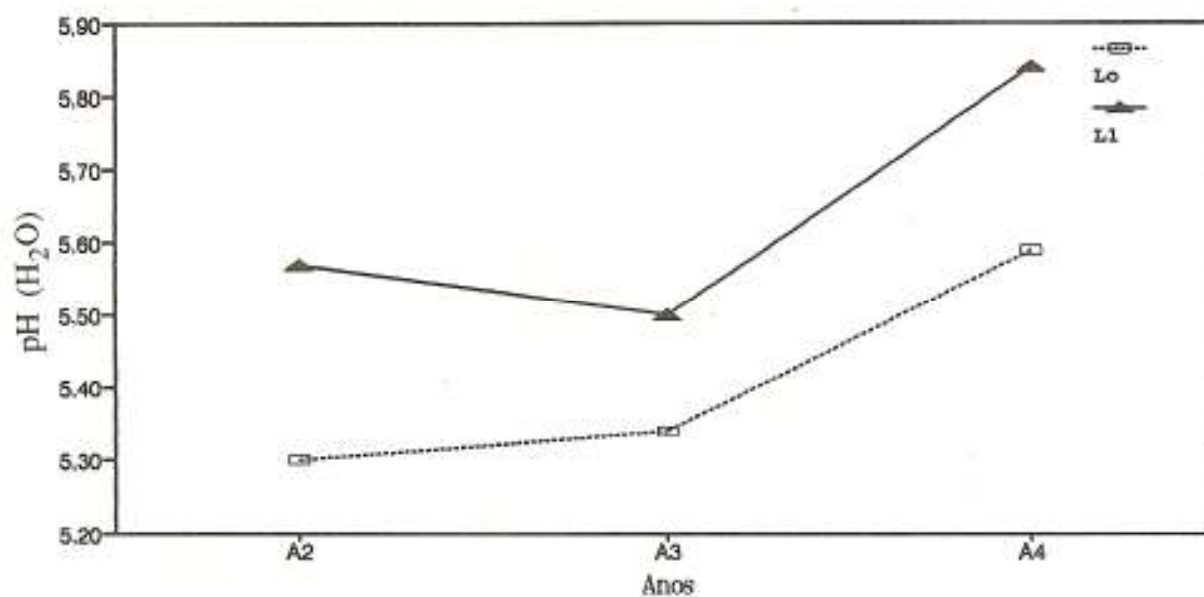


FIGURA 5 — Evolução do valor de $\text{pH} (\text{H}_2\text{O})$ para os talhões com e sem calcário.

No que se refere ao pH (KCl), a evolução está em concordância com o encontrado para o pH (H₂O), tendo ocorrido um acréscimo médio de 0,22 unidades (figura 6).

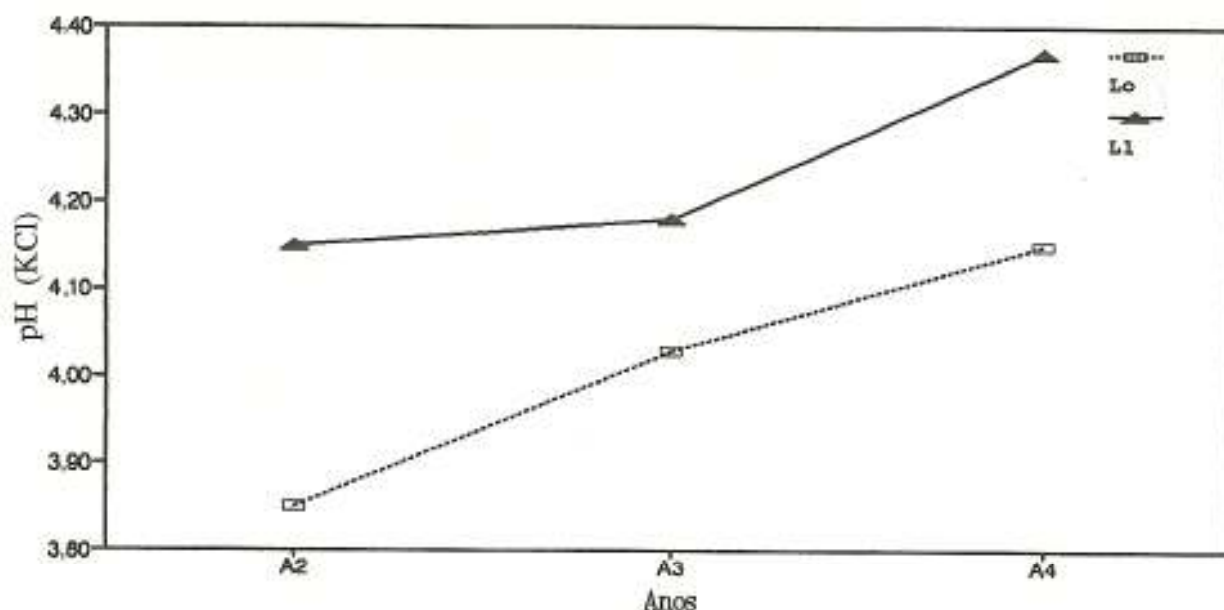


FIGURA 6 — Evolução do valor de pH (KCl) para os talhões com e sem calcário.

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos destaca-se o papel determinante da adubação azotada no acréscimo da produção de lameiros. Com efeito, com N₁ e N₂ obtiveram-se, em média, 5650 e 7374 kg ha⁻¹ MS, contra os 3586 kg ha⁻¹ MS obtidos sem adubação azotada.

A resposta da produção de MS e PB ao fósforo e potássio parece estar estreitamente associada à disponibilidade desses elementos no solo. Assim, tratando-se de um solo com alto teor em fósforo e médio em potássio, os efeitos destes só se fizeram sentir, a nível significativo, para níveis elevados de adubações azotadas.

A calagem teve um efeito depressivo no teor de fósforo assimilável no solo. Este facto veio, aliás, repercutir-se nos níveis de produção de MS e PB, como se pode comprovar pelo significado da interacção PL (P₂L₁ > P₂L₀ e, inversamente, P₁L₁ < P₁L₀), e pela constatação de que o calcário apenas promoveu um aumento significativo de produção, para o nível mais elevado de adubação fosfatada.

A conjugação destes resultados com os obtidos no ensaio da Região Planáltica de Bragança* leva a encarar, com algumas reservas, a inclusão da calagem nos esquemas de fertilizações de lameiros em solos com características semelhantes aos dos ensaios. A resposta negativa verificada, em ambos os ensaios, para os tratamentos que incluíam aplicações de calcário e 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sugere a necessidade de se desenvolverem estudos mais especificamente orientados para a avaliação, em condições de campo, do efeito do calcário na produção e disponibilidade dos nutrientes no solo, em particular, do fósforo.

Finalmente, tendo em vista a adopção prática dos resultados, em condições de clima e solo semelhantes às do ensaio, apresenta-se, no quadro 11, uma tabela com os níveis de produção de matéria seca a esperar em função dos níveis de adubação em azoto e fósforo.

QUADRO 11 — Produção do lameiro em matéria seca (kg ha^{-1}) para diferentes níveis de adubação em azoto e fósforo.

N (kg ha^{-1})	P_2O_5 (kg ha^{-1})									
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
0	3 293	3 316	3 335	3 349	3 357	3 361	3 359	3 353	3 342	3 326
20	3 853	3 881	3 904	3 922	3 935	3 943	3 945	3 943	3 937	3 925
40	4 391	4 423	4 450	4 472	4 489	4 501	4 509	4 511	4 508	4 501
60	4 905	4 941	4 973	4 999	5 021	5 037	5 049	5 055	5 057	5 053
80	5 397	5 437	5 473	5 504	5 529	5 550	5 566	5 577	5 583	5 583
100	5 865	5 910	5 950	5 985	6 015	6 040	6 060	6 075	6 085	6 090
120	6 311	6 360	6 404	6 443	6 477	6 507	6 531	6 551	6 565	6 574
140	6 733	6 787	6 835	6 879	6 917	6 951	6 979	7 003	7 022	7 036
160	7 133	7 191	7 243	7 291	7 334	7 372	7 405	7 433	7 456	7 474

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem, a preciosa colaboração dos ATA António Martins e Henrique Augusto na condução e acompanhamento dos ensaios de campo.

* "Pastagens e Forragens", 11 (2) 1990, p. 41 - 53 .

BIBLIOGRAFIA

- 1 — CARVALHO, M. J. R. — *A Estatística Aplicada à Experimentação Agrícola*, Lisboa, Afrontamento, 1988.
- 2 — COUTINHO, J. F. — *Acidez do Solo e Toxicidade do Alumínio. Calibração de Métodos de Avaliação da Necessidade de Cal*. Dissertação de doutoramento. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1989.
- 3 — FAO/UNESCO — *Soil map of the world. Revised legend*. Rome, FAO, 1988.
- 4 — MOREL, R. — *Les sols cultivés*. Paris, Tec. & Doc. - Lavoisier, 1989.
- 5 — SANTOS, J. Q. — *Aspectos da Correção da Acidez dos Solos*. "An. Inst. Sup. Agron.", vol. 27, 1965, p. 11-67.
- 6 — SUMNER, M., E.; FARINA, M. P. — *Phosphorus interactions with other nutrients and lime in field cropping system*. "Adv. in Soil Sci.", vol. 5, 1986, p. 201-236.
- 7 — TELES, A. N. — *Os Lameiros de Montanha do Norte de Portugal. Subsídios para a Sua Caracterização Fitossociológica e Química*. "Agronomia Lusitana", 31 (1/2) 1970, p. 5-130.