

**EFEITO DA ADUBAÇÃO E CALAGEM
NA CULTURA DA AVEIA × ERVILHACA INTEGRADA EM ROTAÇÃO
NA ZONA DO PLANALTO MIRANDÊS ***

Maria S. L. Centeno

Direcção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes
Quinta do Valongo
5370 MIRANDELA

José A. Raposo

Centro de Estudos de Pedologia, IICT
Tapada da Ajuda
1300 LISBOA

Mário J. R. de Carvalho

Direcção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes
Quinta do Valongo
5370 MIRANDELA

RESUMO

Com o apoio do Programa de Calagens e Forragens (PROCALFER) foi implantado um ensaio de fertilização na seguinte rotação proposta no Projecto de Desenvolvimento Regional Integrado de Trás-os-Montes: Trigo – Ervilhaca (semente) – Aveia/Ervilhaca.

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

O esquema estatístico consistiu na utilização de três séries, cada uma delas iniciada por uma das culturas da rotação e constituída por seis blocos incompletos agrupados em duas repetições. Tratou-se pois de um ensaio factorial com três níveis de calcário, três níveis de azoto, dois níveis de fósforo e dois níveis de potássio.

Para a consociação forrageira ensaiaram-se os seguintes níveis (kg/ha):

calcário: 0, 2000, 4000; azoto: 0, 70, 140; fósforo: 0, 50; potássio: 0, 60.

Sendo o objectivo deste trabalho apresentar alguns resultados da resposta de consociação Aveia/Ervilhaca, em termos de produção de matéria seca e proteína bruta, verificou-se que a adubação azotada foi a principal condicionante da produção de matéria seca, tendo-se obtido a maior produção com os níveis máximos ensaiados de azoto (N), fósforo (P) e potássio (K). A resposta ao N é crescente aumentando a sua eficiência com a aplicação de calcário (Ca). O máximo de proteína bruta, obtido pelo ajuste de uma superfície de resposta, obter-se-á com 133 kg/ha de N, 50 kg/ha de P e 60 kg/ha de K, sendo a eficiência máxima de N para a combinação de 133 kg/ha de N, 50 kg/ha de P e sem K. O teor de proteína bruta na análise da variância apenas foi afectado pelo efeito médio de N, sendo inferior para o nível médio N_1 , relativamente a N_0 e N_2 .

Na evolução da percentagem de matéria orgânica verificou-se que, na rotação estudada, há uma certa tendência para redução dos valores encontrados no solo, resultante provavelmente da intensificação cultural.

A evolução dos teores de fósforo no solo manifestou-se, nas séries iniciadas e terminadas respectivamente pela consociação aveia/ervilhaca e pela ervilhaca (semente), por uma diminuição nos talhões com P_0 . Encontrou-se também uma certa tendência para redução dos teores de fósforo no solo após a cultura do trigo, pelo que se preconiza um aumento da adubação fosfatada nesta cultura.

PALAVRAS-CHAVES: Adubações; Azoto; Fósforo; Potássio; Calagem; Rotação; Consociação; Matéria seca; Proteína bruta; Solo; pH (H_2O); pH (KCl); Matéria orgânica.

ABSTRACT

With support from the Liming, Fertilization and Forages Program (PRO-CALFER) a fertilization trial was set up in the following rotation as proposed by the Project for Integrated Regional Development of Trás-os-Montes: Wheat – vetch (seed) – Oat/vetch.

The adopted statistical scheme consists in the utilization of three series, each one of them initiated by one rotation crop and composed of six non completed blocks grouped in two repetitions, three lime levels, three nitrogen levels, two of phosphorus and two of potassium.

For the forage consociation the following levels were under trial (kg/ha):

lime: 0, 2000, 4000; nitrogen: 0, 70, 140; phosphorus: 0, 50; potassium: 0, 60.

Being the purpose of this work to present some results from the consociation oat/vetch in dry matter and raw protein production, it was verified that the greatest production of dry matter was reached with the top levels of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) tested. The response to N rises, increasing its efficiency with calcium (Ca) application. The raw protein maximum obtained by adjustment of a response surface it will be obtained with 133 kg/ha of N, 50 kg/ha of P and 60 kg/ha of K, being the maximum efficiency of N for the association of 133 kg/ha of N, 50 kg/ha of P and no K. The contained raw protein in the variance analysis was only affected by the average effect of N, being inferior for the average level N_1 .

It has been verified in the evolution of dry matter percentage, a certain tendency for reduction of levels found in the soil, probably resulting from cultural intensification.

The evolution of phosphorus quantity in the soil has shown itself at least in two levels by a reduction in the fields P_0 . A certain tendency for a reduction in the levels of phosphorus was also found after the wheat crop, so that an increase in phosphated fertilization is recommended.

1 — INTRODUÇÃO

O Planalto Mirandês circunscreve-se aos concelhos de Miranda do Douro, Mogadouro e Vimioso. As suas características geomorfológicas imprimiram uma forte homogeneidade cultural, caracterizada pela dominância da cultura cerealífera com base na prática da rotação cereal-alqueive e na pecuária, para produção de carne e/ou carne e leite, com base, respectivamente, nos efectivos autóctones de raça mirandesa e turinos de raça holandoportuguesa.

No âmbito do Projecto de Desenvolvimento Rural Integrado de Trás-os-Montes, preconizava-se a melhoria dos sistemas de agricultura tradicionais, através da introdução de culturas forrageiras anuais, para produção de feno e semente.

Com o objectivo de fundamentar os modelos culturais preconizados e encontrar técnicas de cultivo que pudessem ser difundidas ao nível do agricultor, levou-se a efeito, no âmbito do Programa de Calagem, Fertilização e Forragens (PROCALFER), um ensaio de adubação e calagem no sistema cultural Trigo-Ervilhaca _(semente) - Aveia/Ervilhaca _(feno).

Neste trabalho pretende-se apresentar alguns resultados da resposta da cultura da Aveia/Ervilhaca, em termos de produção de matéria seca e proteína bruta, face aos diferentes níveis de fertilizantes ensaiados.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

2.1 — Localização

O ensaio realizou-se nos anos agrícolas de 1982/83 a 1987/88, tendo sido implantado em Ventuzelo — Mogadouro, num solo litólico não húmico, onde usualmente se praticava a rotação cereal-alqueive, tradicional do Planalto Mirandês.

2.2 — Esquema experimental, tratamentos e níveis ensaiados.

O objectivo do ensaio foi o estudo de um sistema cultural, englobando a rotação trienal Trigo-Ervilhaca _(semente) — Aveia/Ervilhaca _(feno) e 36 combinações de correctivo calcário (Ca) e adubação azotada (N), fosfatada (P) e potássica (K). O esquema estatístico consistiu na utilização de 3 séries, cada uma delas iniciada por uma das culturas da rotação e constituída por 6 blocos incompletos (12 tratamentos cada um), agrupados em 2 repetições de 3 blocos, num total de 72 talhões. Tratou-se pois de um ensaio factorial Ca×N×P×K com os níveis 3×3×2×2 no total de 36 combinações.

Anualmente, aplicaram-se as quantidades dos factores em estudo referidas no quadro 1.

QUADRO 1 — Factores, níveis e doses ensaiadas.

Factores	Níveis	Doses (kg/ha por cultura)		
		T	Es	A/E
Calcário	0	0	0	0
	1	2 000	2 000	2 000
	2	4 000	4 000	4 000
Azoto	0	0	0	0
	1	100	25	70
	2	200	50	140
Fósforo	0	0	0	0
	1	50	100	50
Potássio	0	0	0	0
	1	60	90	60

A redução do número de tratamentos por bloco foi conseguida pela confundição da interacção CaNPK e 1/8 da interacção CaN, com as diferenças entre blocos.

O ensaio contemplou o estudo de dois ciclos da rotação conforme o esquema apresentado no quadro 2.

QUADRO 2 — Distribuição das culturas pelas 3 séries.

Anos	F1	F2	F3
1982/83	T	A/E	Es
1983/84	Es	T	A/E
1984/85	A/E	Es	T
1985/86	T	A/E	Es
1986/87	Es	T	A/E
1987/88	A/E	Es	T

2.3 — Técnica cultural, observações e determinações

Para a consociação forrageira utilizaram-se as seguintes cultivares e densidades de sementeira:

Aveia, cv. Boa Fé 60 kg/ha
 Ervilhaca vilosa, cv. Amoreiras 40 kg/ha

A aplicação de calcário e a adubação fosfatada e potássica foram feitas aquando da preparação do terreno, respectivamente na forma de calcário calcítico, superfosfato 18% e cloreto de potássio 60%. A adubação azotada foi aplicada, metade em fundo e o restante em cobertura, sob a forma de nitroamoniacal 20,5%. O aproveitamento foi sempre em corte único, na fase leitosa do grão da aveia.

As determinações da produção foram feitas com base na pesagem da matéria verde, em talhões com 9,63 m² de área útil, e determinação do teor

de matéria seca*, através da secagem em estufa de circulação forçada, a 65° C até peso constante. Nas mesmas amostras determinou-se o teor de proteína bruta pelo método de Kjeldahl*.

Para cada talhão, procedeu-se ainda à colheita de amostras de terra para se efectuar a análise sumária e do complexo de troca**.

2.4 — Análise estatística

Para a análise da produção de matéria seca e de outras variáveis, tais como o teor de proteína bruta (PB %), produção de PB (kg/ha) e parâmetros do solo, recorreu-se à análise da variância e ainda ao ajustamento de equações de regressão.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 — Produção de matéria seca

3.1.1 — Análise da variância

Fez-se a análise da variância no conjunto de anos de 1984/85 a 1987/88 e os resultados indicam serem os efeitos significativos (quadro 3).

QUADRO 3 — Efeitos significativos.

Anos ***
Repetições/Anos ***
Calcário (Ca) ***
Azoto (N) ***
Fósforo (P) ***
Anos×Azoto (A×N) ***
Anos×Fósforo (A×P) *
Calcário×Azoto (Ca×N) *
Fósforo×Potássio (P×K) ***

* 5% > P > 1% — significativo; *** P < 0,1% —
— altamente significativo.

* Estas determinações apenas foram efectuadas a partir de 1984/85, ano em que foi instalado o laboratório da DRATM.

** Efectuadas no laboratório de solos da UTAD.

3.1.2 — Efeitos médios do calcário, azoto e fósforo

Não obstante a significância das interacções, apresentam-se no quadro 4 os efeitos médios de Ca, N e P.

QUADRO 4 — Efeitos médios e equações de resposta.

Factores	Produção (kg/ha)	dsm	Equação ajustada
Ca ₀	4 798		$y' = 4\,798 + 0,265\,26\,Ca - 0,000\,035\,38\,Ca^2$
Ca ₁	5 187		Ca _{máx} = 3 749 kg/ha
Ca ₂	5 293	± 297	y' _{máx} = 5 295 kg/ha
N ₀	3 509		$Y' = 3\,509 + 27,864\,285\,N - 0,047\,653\,N^2$
N ₁	5 226		N' _{máx} = 292 kg/ha
N ₂	6 476	± 297	y' _{máx} = 7 582 kg/ha
P ₀	4 622		$Y' = 4\,622 + 17,92\,P$
P ₁	5 518	± 241	

DMS — diferença mínima significativa.

Tendo sempre presente a integração da cultura na rotação e portanto as aplicações dos adubos e correctivos feitas às outras culturas, salienta-se que a produção máxima se obtém com níveis de azoto superiores ao máximo ensaiado.

3.1.3 — Combinações N × P × K × Ca

Uma vez que algumas interacções (quadro 3) são significativas, estudaram-se as produções relativas às 36 combinações dos níveis de N, P, K, Ca, que constam no quadro 5.

QUADRO 5 — Produção das combinações Ca, N, P, K (kg/ha).

	Ca ₀			Ca ₁			Ca ₂		
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂
K ₀	2 653	4 692	6 313	3 486	5 297	6 068	3 569	4 734	5 999
P ₀									
K ₁	2 866	4 692	5 449	2 890	4 755	5 877	3 256	4 617	5 987
K ₀	3 097	5 373	7 213	4 233	4 833	6 815	4 499	5 638	6 203
P ₁									
K ₁	2 699	5 106	7 167	4 399	6 300	7 015	4 462	6 672	7 607

DMS ± 1028 kg.

A produção absoluta mais elevada corresponde à combinação Ca₂, N₂, P₁, K₁, a qual não difere significativamente das produções das seguintes combinações:

- Ca₀N₂ com P₁K₀ e P₁K₁
- Ca₁N₂ com P₁K₀ e P₁K₁
- Ca₂N₁P₁K₁

Esta diversidade de combinações resulta essencialmente da forma como evolui o efeito do calcário na produção, ao longo dos anos, traduzido pela subida dos valores de pH (que adiante se apresenta). De salientar que as maiores produções se verificam sempre para P₁ e para o nível máximo de adubação azotada (com única excepção do tratamento Ca₂, N₁, P₁, K₁).

Ajustando uma superfície de resposta da produção de matéria seca em função Ca, N, P, K, obteve-se a seguinte equação:

$$y' = 2\,647,701 + 0,271\,4\,Ca + 32,155\,7\,N + 11,317\,8\,P - 4,485\,2\,K - 0,047\,6\,N^2 - 0,002\,2\,CaN + 0,220\,2\,PK$$

$$F = 59,36 \quad P(\%) < 0,1 \quad R = 0,936\,9$$

Os valores máximos de resposta ao azoto, para as diversas combinações Ca, P, K, figuram no quadro 6.

Os valores máximos encontrados situam-se todos fora dos limites do ensaio, pelo que devem ser tomados apenas como indicação de tendência para resposta a doses mais elevadas de azoto; como máximo físico deve tomar-se, neste caso, a dose N₂, situando-se certamente a dose mais económica abaixo

dela. De salientar, o aumento da eficiência do azoto à medida que aumentam os níveis de calcário e potássio.*

QUADRO 6 — Resposta ao azoto (kg/ha)

Ca	P	K	N _{max}	Y _{max}
0	50	0	338	8 879
0	50	60	338	9 270
2 000	50	0	293	8 012
2 000	50	60	293	8 404
4 000	50	0	247	7 349
4 000	50	60	247	7 740

3.1.4 — Efeito do pH (H₂O) e pH (KCl) na produção de matéria seca

Com base nos valores que constam no quadro 7 foram construídos os gráficos 1 a 4, onde pode ser apreciada a relação entre produção de matéria seca e valores de pH, para os três níveis de azoto na média dos outros tratamentos.

QUADRO 7 — Produção de matéria seca (kg/ha), para diferentes níveis de azoto e calcário e valores de pH em H₂O e KCl encontrados.

Níveis	N ₀			N ₁			N ₂		
	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pro.	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pro.	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pro.
Ca ₀	5,89	3,98	2 461	5,98	3,85	4 090	5,95	3,79	5 493
Ca ₁	6,36	4,26	3 229	6,53	4,16	4 340	6,58	4,01	5 410
Ca ₂	6,72	4,32	3 551	6,70	4,49	5 036	6,80	4,22	6 106
Ca ₀	6,18	4,19	2 461	5,78	4,22	3 489	5,92	4,38	5 369
Ca ₁	6,62	4,75	3 427	6,40	4,50	4 206	6,45	4,82	4 766
Ca ₂	6,74	5,40	3 219	6,64	5,20	4 226	6,60	5,26	4 662

Pela simples análise gráfica e comparando os valores de pH (H₂O) com a produção de MS, verifica-se que para os mesmos valores de pH a resposta da produção é diferente nos dois anos estudados. Relativamente aos valores de pH (KCl), enquanto que no ano de 1984/85 a produção de MS para qualquer nível de azoto aumentou com os valores de pH (KCl), em 1985/86 já se verificou uma certa tendência para a diminuição da produção a partir de valores da ordem de 4,60.

* A eficiência foi avaliada pelo cálculo dos kg de matéria seca por kg de azoto aplicado.

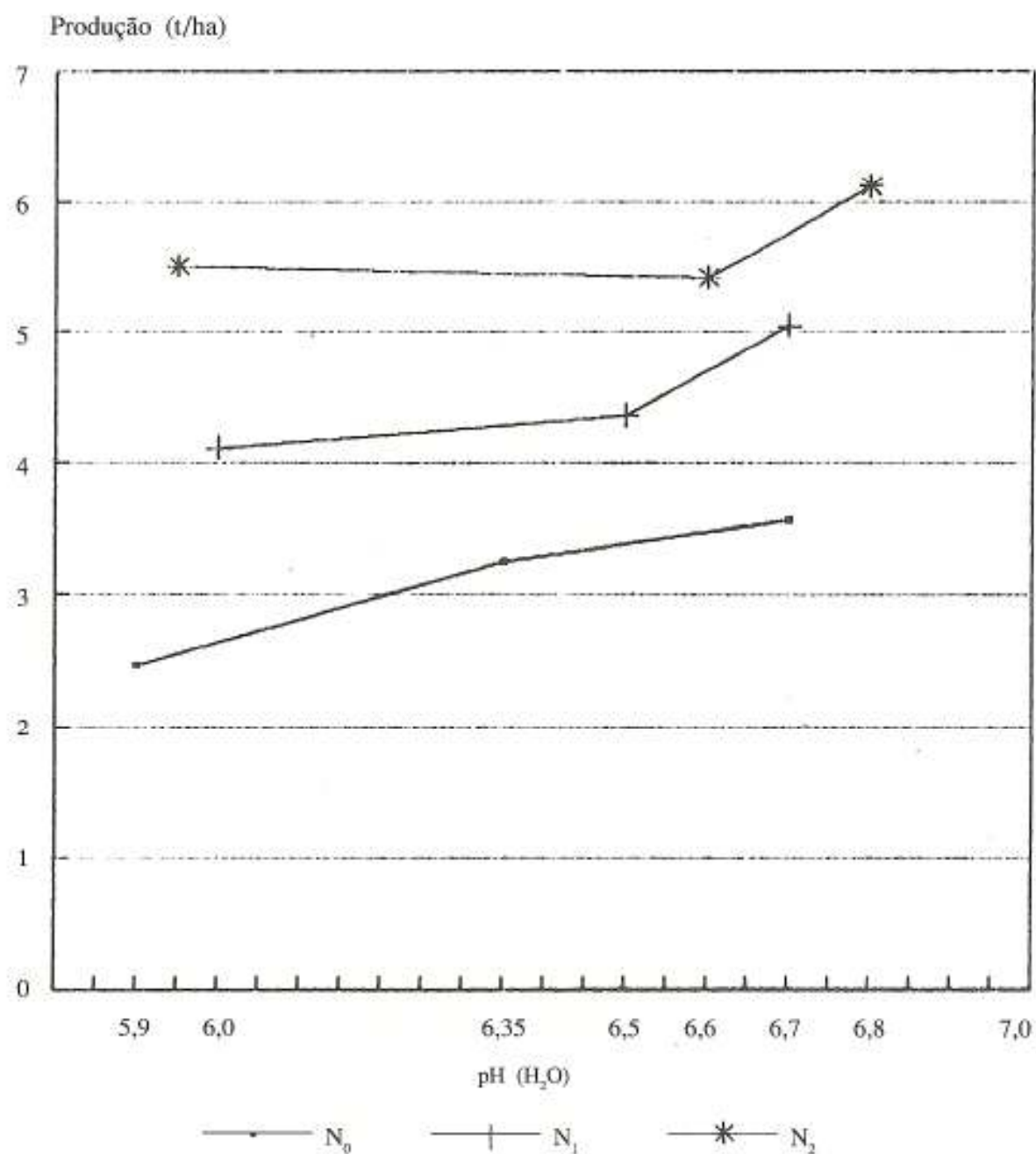


GRÁFICO 1 — Relação entre pH (H₂O) e produção de matéria seca (t/ha) — 1984/85.

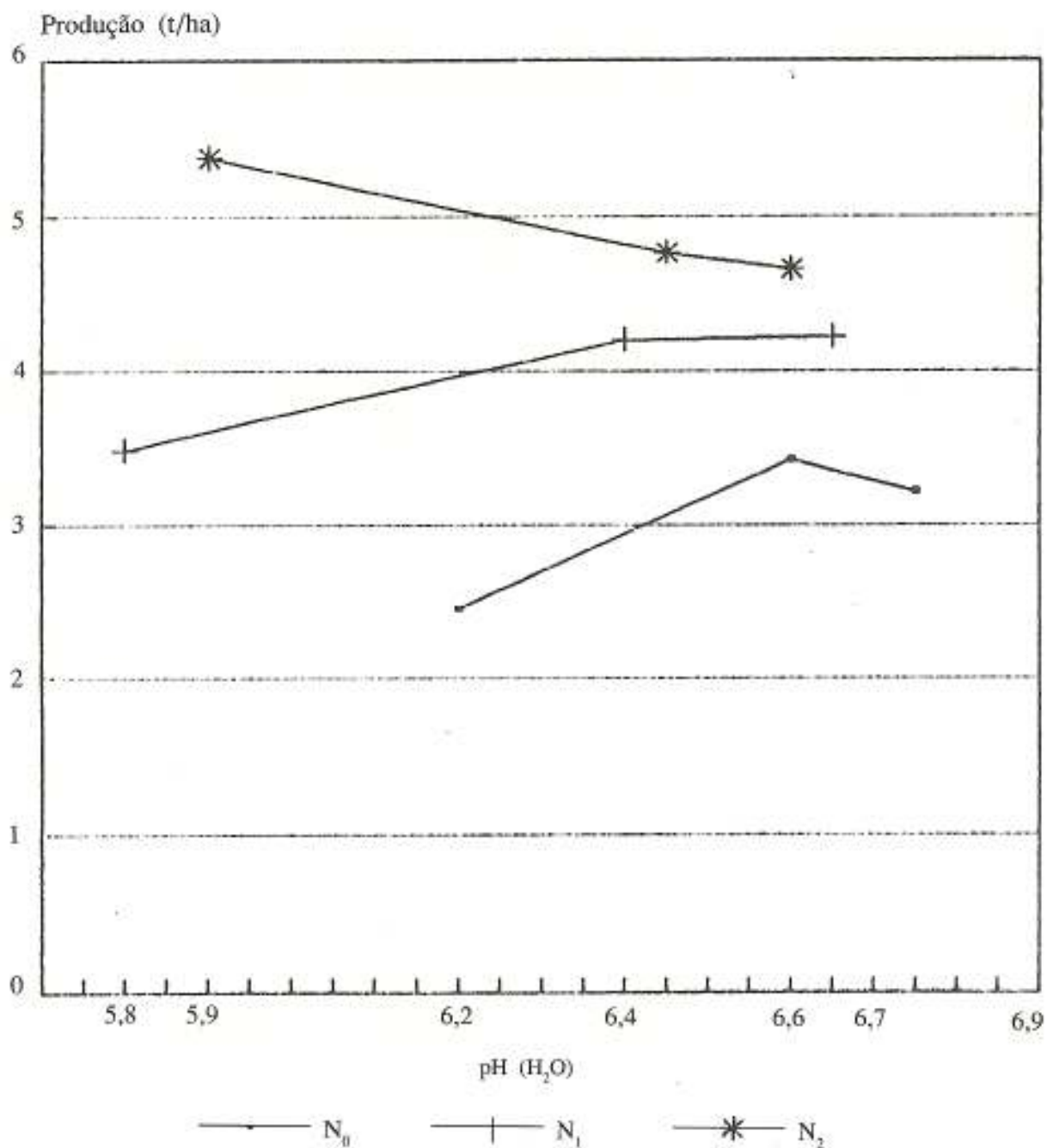


GRÁFICO 2 — Relação entre pH (H₂O) e produção de matéria seca (t/ha) — 1985/86.

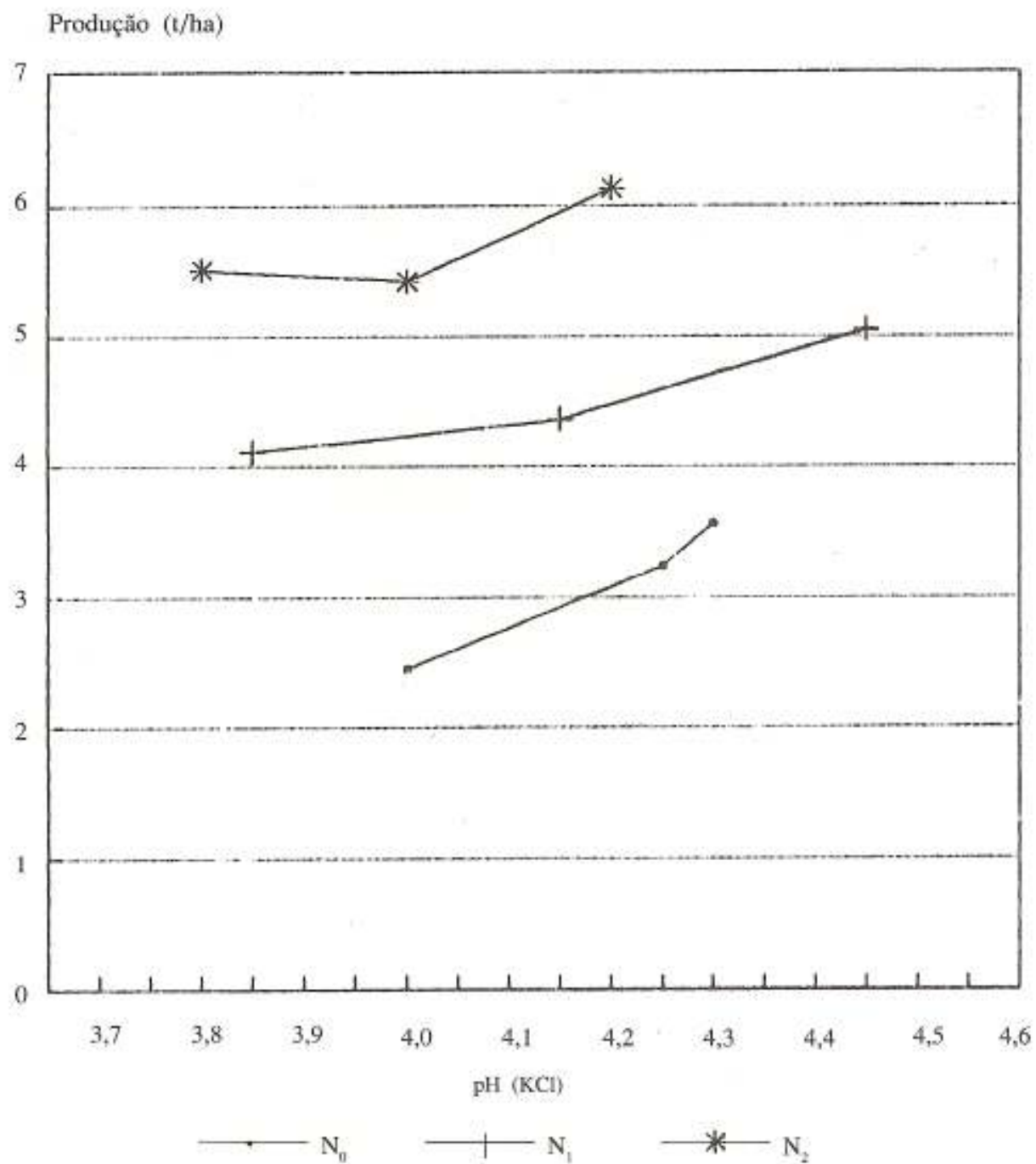


GRÁFICO 3 — Relação entre pH (KCl) e produção de matéria seca (t/ha) — 1984/85.

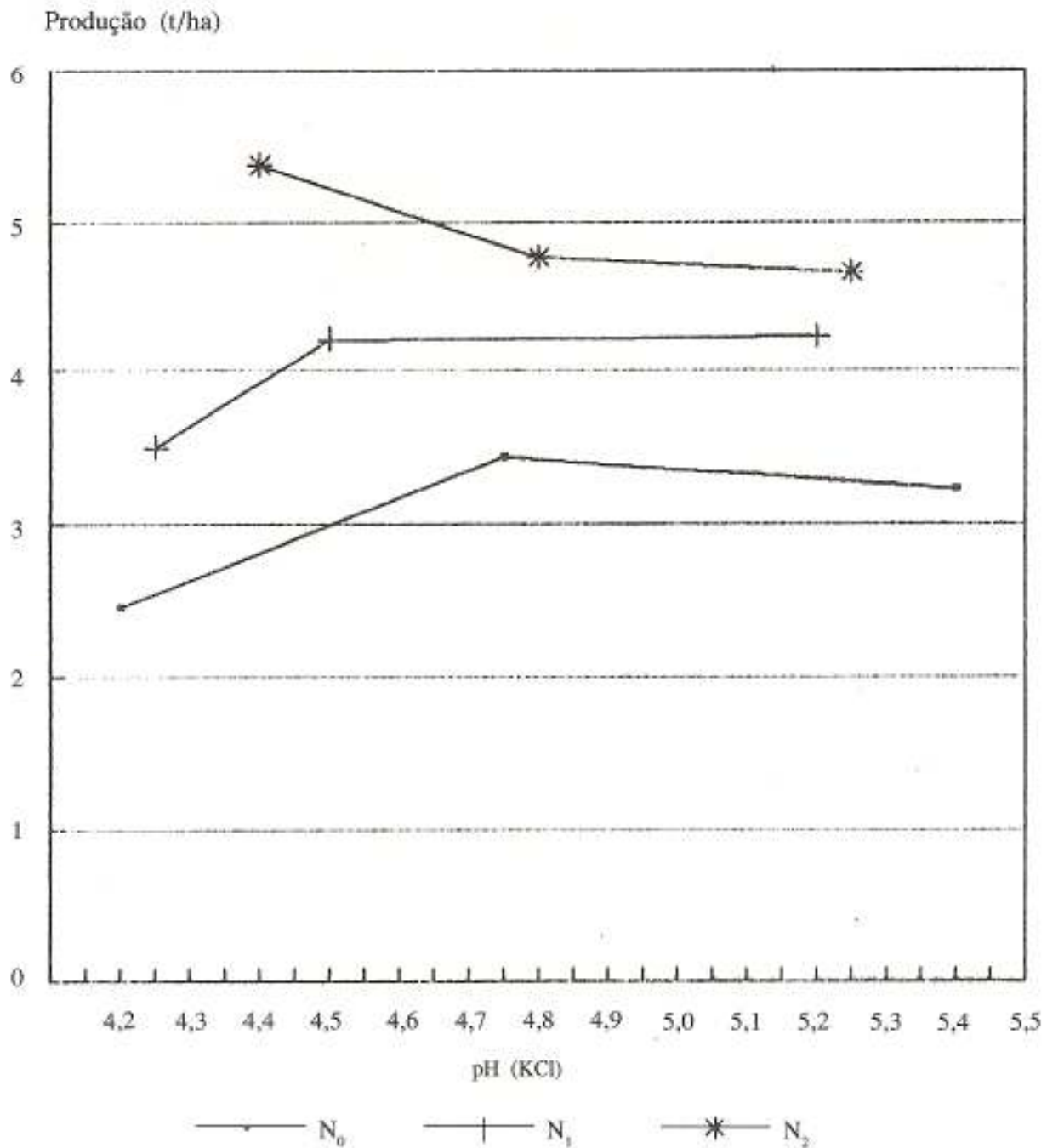


GRÁFICO 4 — Relação entre pH (KCl) e produção de matéria seca (t/ha) — 1985/86.

3.2 — Produção de proteína bruta

3.2.1 — Análise da variância

Dispondo-se dos valores de proteína bruta (kg/ha) dos anos agrícolas de 1986/87 e 1987/88 fez-se a respectiva análise da variância, verificando-se serem significativos os efeitos médios e interações (quadro 8)

QUADRO 8 — Efeitos significativos.

Anos (A) ***
Calcário (Ca) ***
Fósforo (P) ***
Anos×Potássio (A×K) ***
Calcário×Azoto×Fósforo×Potássio (Ca×N×P×K) ***
Calcário×Azoto (Ca×N) *
Calcário×Fósforo (Ca×P) *

* 5% > P > 1% — significativo; *** P < 0,1% — altamente significativo.

3.2.2 — Efeito médio dos níveis de azoto e fósforo

Embora sejam significativas algumas interações (quadro 8), os efeitos médios dos níveis N e P apresentam-se no quadro 9.

QUADRO 9 — Efeito médio de N e P.

Factores	Produção (kg/ha)	DMS	Equação ajustada
N ₀	331		$Y' = 331 + 1,595N - 0,00445N^2$
N ₁	446		$N'_{\max} = 179 \text{ kg/ha}$
N ₂	472	± 52	$y'_{\max} = 474 \text{ kg/ha}$
P ₀	339		
P ₁	494	± 42	

DMS — Diferença mínima significativa.

A produção de proteína bruta, tal como a produção de matéria seca, é máxima para valores de azoto superiores aos níveis ensaiados.

Uma vez que na análise da variância é altamente significativa a interacção CaNPK, apresentam-se no quadro 10 as produções correspondentes àquela combinação.

QUADRO 10 — Produção de proteína bruta (kg/ha) em função das combinações CaNPK.

	Ca ₀			Ca ₁			Ca ₂		
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂
K ₀	172	363	398	444	232	428	359	400	279
P ₀									
K ₁	165	316	201	269	391	449	287	344	499
K ₀	261	596	380	402	514	582	516	530	714
P ₁									
K ₁	151	209	497	585	895	618	362	653	617

DMS = ± 182 kg.

O máximo absoluto de produção corresponde à combinação Ca₂N₂P₁K₀, que não difere das seguintes: Ca₀N₁P₁K₀, Ca₁N₂P₁K₀, Ca₁P₁K₁ para N₀, N₁ e N₂, Ca₂P₁K com N₁ e N₂. De salientar que as maiores produções de proteína bruta se verificaram sempre para o maior nível de adubação fosfatada, tal como se verificou para a produção de matéria seca.

Ajustando-se uma superfície de resposta, obteve-se a seguinte equação:

$$y' = 188,52 + 0,101\ 75\ Ca + 1,920\ 21\ N + 0,268\ 82\ P - 0,471\ 83\ K - 1,72 \times 10^{-5}Ca^2 - 7,236 \times 10^{-3}N^2 + 6,5 \times 10^{-9}CaNPK$$

$$F = 6,78 \quad 5 > P > 1 \quad R = 0,629\ 0$$

Os valores máximos de resposta ao azoto e calcário, em função das combinações PK encontram-se no quadro 11.

QUADRO 11 — Valores máximos de produção em função de N e Ca.

P	K	Ca _{máx}	N _{máx}	Y' _{máx}
0	0	2 692	133	467
0	60	2 692	133	439
50	0	2 692	133	480
50	60	4 034	187	559

Nos valores calculados pode-se verificar que, embora o valor máximo de produção se encontre para $N = 187$, a eficiência do azoto é máxima para $P = 50$, $K = 0$, $Ca = 2692$, ao que corresponde $N = 133$.

3.3 — Teor de proteína bruta

3.3.1 — Análise da variância

Na análise da variância do teor de proteína bruta verificaram-se efeitos significativos (quadro 12).

QUADRO 12 — Efeitos significativos.

Anos (A) *
Azoto (N) *

* 5% > P > 1% significativo.

3.3.2 — Efeito médio do azoto

O efeito dos níveis de azoto no teor de proteína bruta (PB) pode ser avaliado no quadro 13.

QUADRO 13 — Efeito médio de N.

Níveis	Produção (kg/ha)
N_0	5,36
N_1	4,09
N_2	5,48

DMS = $\pm 1,00$.

O teor de PB é significativamente inferior para o nível de adubação azotada N_1 relativamente a N_0 e N_2 , que não diferem entre si.

Apresentam-se no quadro 14 os teores de proteína bruta para as 36 combinações CaNPK.

Como se verificou na análise da variância as interações não são significativas, verificando-se no entanto uma certa tendência para a percentagem de PB diminuir para o nível de N_1 e aumentar para o nível de N_2 , o que já foi descrito por outros autores (3).

QUADRO 14 — Teor de PB (%) em função das combinações CaNPK.

	Ca ₀			Ca ₁			Ca ₂		
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂
K ₀	5,95	3,86	5,47	5,45	4,62	5,26	5,03	3,42	5,60
P ₀									
K ₁	6,91	2,46	6,15	6,66	4,50	6,22	3,78	5,93	4,60
K ₀	6,78	3,32	5,68	5,19	3,80	4,15	5,38	4,27	4,57
P ₁									
K ₁	5,11	5,18	5,93	4,31	2,61	5,99	5,53	5,09	6,22

DMS = ± 3,62%.

3.4 — Evolução dos teores de matéria orgânica no solo

Como se referiu em 2.3, colheram-se anualmente, depois de cada cultura talhão por talhão, amostras de terra para análise. Tendo-se extraviado os resultados correspondentes ao ano agrícola de 1983/84 e, ainda, não dispondo de valores para os últimos dois anos, apenas se analisaram os valores disponíveis (iniciais-A₀, 1982/83-A₁, 1984/85-A₂, 1985/86-A₃).

3.4.1 — Análise da variância

Analisaram-se os valores relativos à matéria orgânica (MO) do solo em 9 situações distintas; 3 anos (1982/83, 1983/84, 1985/86), 3 culturas (trigo, ervilhaca para semente, consociação aveia/ervilhaca), 3 séries, segundo o esquema do quadro 15.

QUADRO 15 — Distribuição das culturas.

Cultura	Anos		
	1982/83	1984/85	1985/86
Trigo	S ₁	S ₂	S ₃
Ervilhaca (semente)	S ₃	S ₂	S ₁
Aveia/Ervilhaca	S ₂	S ₁	S ₂

A análise da variância mostrou efeitos significativos apresentados no quadro 16.

QUADRO 16 — Efeitos significativos.

Anos ***
Cultura ***
Anos×Cultura ***
Anos×Calcário *
Cultura×Calcário *
Anos×Cultura×Calcário **
Anos×Cultura×Azoto *

* 5% > P > 1% -- significativo;
 ** 1% > P > 0,1% - muito significativo;
 *** P < 0,1% - altamente significativo.

3.4.2 — Interações

A análise da variância mostra que o factor "Anos" é o mais importante na variação da MO do solo; esta importância pode advir das diferenças entre produções e/ou das condições meteorológicas em relação à prática das mobilizações, o que confere grande importância à tecnologia a usar nestas operações.

O efeito da cultura é também altamente significativo, o mesmo se verificando com a interacção anos×cultura. Uma vez que cada cultura ocorre na mesma série nos anos de 1982/83 (A_1) e 1985/86 (A_2), avaliaram-se as variações dos teores de MO entre estes dois anos para cada uma das séries que constam no quadro 17.

QUADRO 17 — Variações dos teores de MO (%).

Cultura	Diferenças (A_1-A_2)	Série
Trigo	-0,28	1
Ervilhaca	-0,09	3
Aveia/Ervilhaca	+0,04	2

DMS = $\pm 0,09$.

Para as séries 1 e 3, iniciadas e terminadas respectivamente pelas culturas do trigo e ervilhaca (semente), houve uma diminuição significativa da

percentagem de MO. Relativamente à série 2 (aveia/ervilhaca), embora tenha havido um acréscimo de MO, este não foi significativo.

Sendo significativas as interacções anos×cultura×calcário e anos×cultura×azoto, interessa ver como se comportam estas diferenças para diferentes níveis de calcário e azoto (quadro 18).

QUADRO 18 — Evolução dos teores de MO (%) para diferentes níveis de calcário e azoto.

Factores	Série 1 Trigo			Série 3 Ervilhaca			Série 2 Aveia/Ervilhaca		
	A ₀	A ₁	A ₂ -A ₁	A ₀	A ₁	A ₂ -A ₁	A ₀	A ₁	A ₂ -A ₁
Ca ₀	0,52	0,78	-0,26	0,50	0,70	-0,20	0,76	0,61	0,15
Ca ₁	0,55	0,85	-0,30	0,55	0,55	0,00	0,62	0,61	-0,01
Ca ₂	0,46	0,76	-0,30	0,56	0,61	-0,05	0,63	0,66	-0,03
N ₀	0,51	0,81	-0,30	0,53	0,57	-0,04	0,67	0,65	0,02
N ₁	0,50	0,82	-0,32	0,55	0,56	-0,01	0,69	0,62	0,07
N ₂	0,52	0,76	-0,24	0,53	0,72	-0,19	0,65	0,61	0,04

DMS = ± 0,094.

Refere-se a seguir o que se verifica analisando o quadro 18.

- Relativamente às combinações anos×cultura×azoto:
 - para a série 1 (trigo), há 1 diminuição significativa para qualquer nível de azoto;
 - com as séries 2 e 3 (respectivamente ervilhaca e aveia/ervilhaca), as diferenças não são significativas, para qualquer nível de azoto.
- Quanto às combinações anos×cultura×calcário:
 - para a série 1 (trigo), não há diferenças significativas;
 - para a série 3 (ervilhaca), é significativa a diminuição para Ca₀ (que está provavelmente relacionada com o nível de produção).
 - Na série 2 (aveia/ervilhaca), houve um aumento significativo para Ca₀ (tendo sido o máximo absoluto de produção de matéria seca obtido com Ca₂; para a média dos outros tratamentos, parece que o calcário realmente provocou uma maior mineralização da MO).

3.5 — Evolução dos teores de fósforo

3.5.1 — Análise da variância

Adoptando o método utilizado no estudo da evolução da MO (3.4.1), na análise da variância verificou-se o assinalado no quadro 19.

QUADRO 19 — Efeitos significativos.

Cultura ***
Fósforo ***
Azoto *
Anos×Cultura **
Cultura×Fósforo *
Anos×Cultura×Fósforo *

* 5% > P > 1% — significativo;
** 1% > P > 0,1% — muito significativo;
*** P < 0,1% — altamente significativo.

3.5.2 — Interações

A análise da variância mostrou como mais significativa a influência da cultura e do fósforo aplicado.

Sendo significativa a interação anos×cultura e, como se disse anteriormente (3.4.2), uma vez que as culturas ocorrem nas mesmas séries nos anos de 1982/83 (A_1) e 1985/86 (A_2), determinaram-se também as variações dos teores de P_2O_5 entre os dois anos referidos para cada uma das séries (quadro 20).

QUADRO 20 — Variações dos teores de fósforo.

Série	Anos					
	Início	A_1	A_2	A_3	A_4	A_1-A_2
1 Cultura		T	E	A/E	T	
		37	27,4	40,8	42,4	+15,0
2 Culturas		A/E	T	E	A/E	
		40	48,2	57,7	36,2	-12,0
3 Culturas		E	A/E	T	E	
		54	50,4	33,6	57,7	+ 5,9

DMS = ± 9,5.

No quadro 20 verifica-se um aumento significativo do fósforo no solo na série 1 para a cultura de trigo e diminuição, também significativa, na série 2 (aveia/ervilhaca).

Uma vez que os teores de fósforo no solo foram influenciados pelo azoto e pelo fósforo, estudou-se a sua evolução para as diferentes combinações, através dos quadros 21 e 22.

QUADRO 21 — Evolução dos teores de P_2O_5 (ppm) para diferentes níveis de azoto.

Factores	Série 1			Série 3			Série 2		
	Trigo			Ervilhaca			Aveia/Ervilhaca		
Anos	A_4	A_1	A_4-A_1	A_4	A_1	A_4-A_1	A_4	A_1	A_4-A_1
N_0	46,8	26,8	+ 20	62,0	40,6	+ 21,4	43,4	55,0	- 11,6
N_1	43,6	28,0	+ 15,6	62,6	67,7	- 5,1	35,2	43,9	- 8,5
N_2	36,8	27,4	+ 9,4	44,3	42,9	+ 1,4	29,9	45,8	- 15,7

DMS = $\pm 17,43$.

QUADRO 22 — Diferenças dos teores de fósforo no solo entre A_4 e o ano inicial (A_0) para cada uma das séries ($A_4 - A_0$ ppm).

	Série 1	Série 2	Série 3
P_0	- 3,9	- 13,2	- 30,3
P_1	+ 18,6	+ 33,9	+ 7,3

DMS = $\pm 7,73$ ppm.

No quadro 21 encontram-se os teores de fósforo no solo para os anos A_1 (1982/83) e A_4 (1986/87) e as diferenças entre eles, uma vez que são anos para os quais se tem valores de fósforo, para as diferentes séries, após a mesma cultura. No referido quadro constata-se que, para as séries 1 e 3, respectivamente, depois das culturas de trigo e ervilhaca, se verificou um aumento dos teores de fósforo para N_0 , provavelmente relacionado com as baixas produções obtidas sem qualquer adubação azotada. Para a série 2 (aveia/ervilhaca), não se encontram diferenças significativas para qualquer nível de N.

Verifica-se uma redução dos valores para qualquer das séries para P_0 , embora só seja significativa para as séries 2 e 3.

Para o nível P₁ de adubação fosfatada há um aumento significativo nas séries 1 e 2. Uma vez que a interação anos×cultura×fósforo é significativa, elaboraram-se os gráficos 5 a 7, onde se pretendem avaliar as variações ao longo dos anos, para as diferentes culturas em cada série.

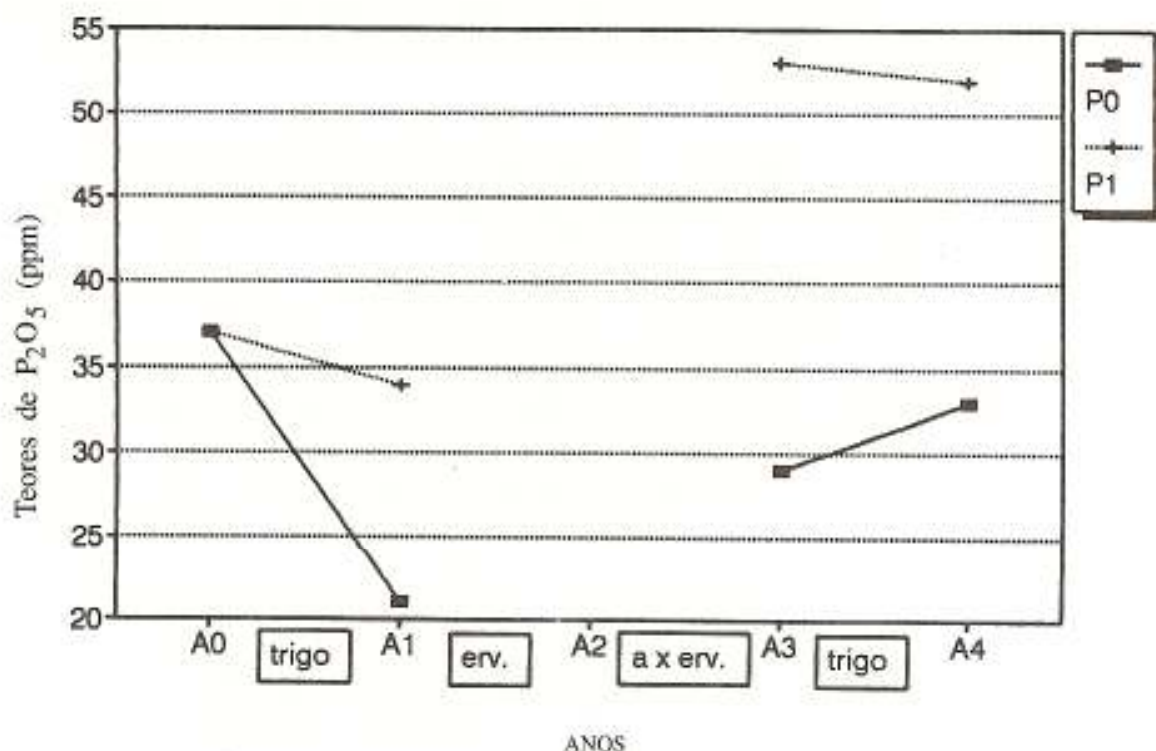


GRÁFICO 5 — Variações na série 1.

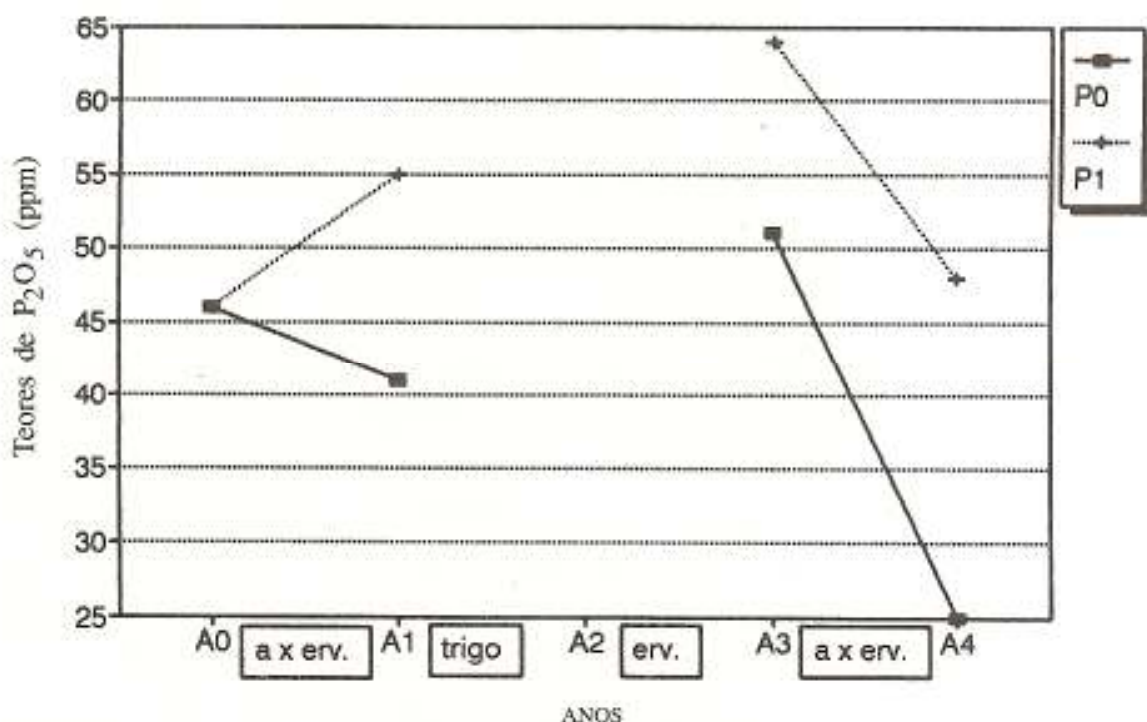


GRÁFICO 6 — Variações na série 2.

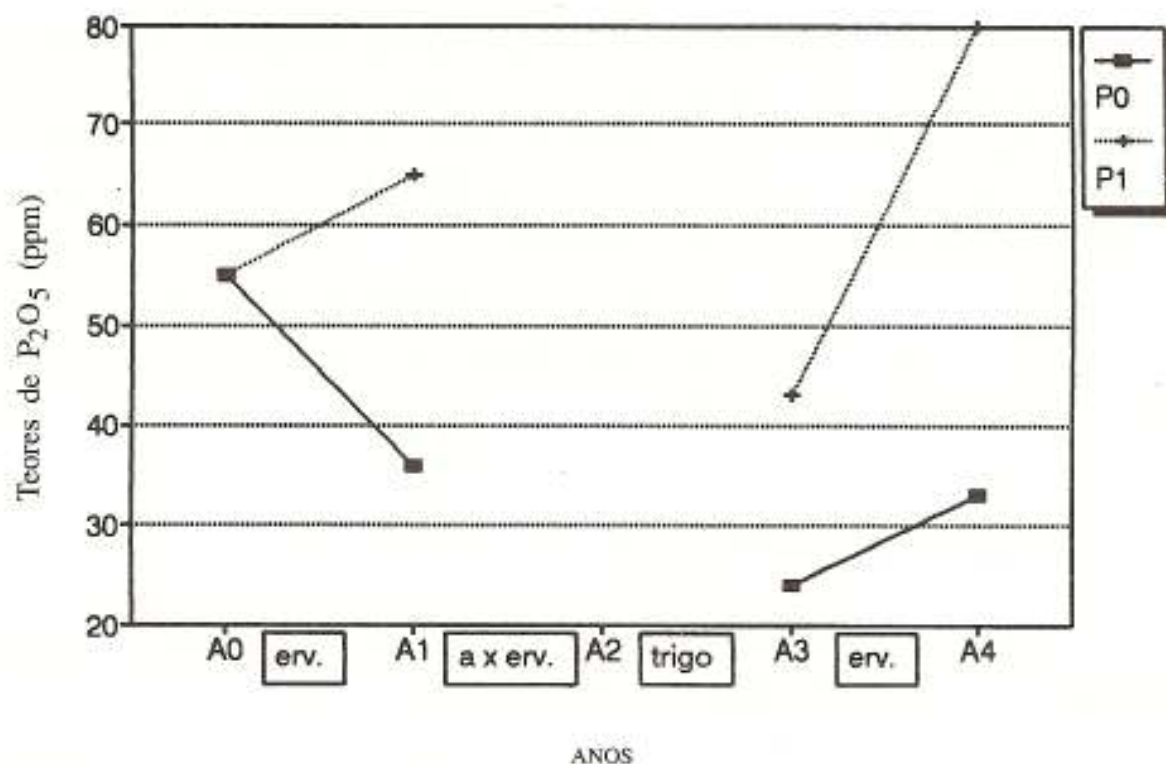


GRÁFICO 7 — Variações na série 3.

Nos gráficos 5 a 7 verifica-se:

- tendência para redução do fósforo após a cultura do trigo, sendo significativa para P₀;
- relativamente à cultura da aveia/ervilhaca, os teores de fósforo no solo aumentaram na série 1 no ano de 1982/83 com P₁, mas diminuíram no último ano após a mesma cultura, para qualquer dos níveis de P (não se podendo concluir que exista de facto uma redução dos teores de P₂O₅ depois desta cultura, uma vez que no ano anterior não se dispõem de valores dos teores de fósforo no solo);
- depois da cultura da ervilhaca há uma certa tendência para aumentarem os teores de fósforo.

4 — CONCLUSÕES

4.1 — Produção de matéria seca

— A adubação azotada foi o principal condicionante da produção. O máximo absoluto obteve-se com o nível máximo utilizado no ensaio (140 kg/ha), com 50 kg/ha de fósforo e 60 kg/ha de potássio.

— A resposta ao azoto foi crescente, tendo-se verificado uma baixa eficiência deste nutriente, provavelmente pelo modo como a adubação foi efectuada, 1/2 em fundo e 1/2 em cobertura, sendo de prever que se obterão maiores produções com níveis de adubação azotada mais baixos se se aplicar 1/3 do azoto em fundo e 2/3 em cobertura.

— Aumento da eficiência do azoto com a aplicação de correctivo calcário.

— Maior relação da produção de matéria seca com os valores de pH (KCl) relativamente ao pH (H₂O).

4.2 — Produção de proteína bruta

— O máximo absoluto de produção obter-se-á com 187 kg/ha de azoto, 50 kg/ha de fósforo e 60 kg/ha de potássio.

— A eficiência do azoto é máxima para um nível mais baixo de adubação azotada (N = 133 kg/ha), relativamente ao máximo de produção de matéria seca. Este máximo será obtido com 50 kg/ha de fósforo sem adubação potássica.

4.3 — Teor de proteína bruta

— Tendência para diminuição da percentagem de proteína bruta para o nível médio de adubação azotada e aumento para o mais elevado nível, sendo, no entanto, sempre relativamente baixos os valores encontrados.

4.4 — Teor de matéria orgânica

— Na série 1, iniciada e terminada com trigo, verificou-se uma redução da percentagem de matéria orgânica para qualquer nível de azoto e calcário (na média dos outros tratamentos).

— Na série 2, iniciada e terminada com aveia/ervilhaca, verificou-se uma diminuição da percentagem de matéria orgânica para qualquer nível de azoto e aumento nos talhões em que não se aplicou calcário.

— Na rotação estudada verifica-se um certo decréscimo do teor de matéria orgânica, resultado provavelmente da intensificação cultural e das técnicas culturais utilizadas, nomeadamente das mobilizações.

4.5 — Teor em fósforo

— Tendência para redução dos teores de fósforo no solo (ppm) após a cultura do trigo.

— Tendência para aumentarem os teores de fósforo no solo após as culturas de aveia/ervilhaca (semente).

— Na rotação estudada preconiza-se o aumento da adubação fosfatada na cultura do trigo ou aumentando a quantidade total do fósforo aplicado à rotação, ou mantendo o total e reduzindo a adubação fosfatada na cultura da ervilhaca.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — CARVALHO, Mário J. R. — *A Estatística Aplicada à Experimentação Agrícola*. Lisboa, Afrontamento, 1988.
- 2 — COUTINHO, J. F.; MOREIRA, N. — *O Comportamento da Vicia villosa em Dois Solos Ácidos; Efeito da Adubação Azotada, da Calagem e da Inoculação com Rhizobium*. VI Reunião de Primavera da SPPF, Vila Real, 1986, Resumo das comunicações.
- 3 — MOREIRA, N. — *A Aveia como Cultura Forrageira*. Dissertação original para efeito da obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), 1986.
- 4 — *Projecto de Desenvolvimento Rural Integrado de Trás-os-Montes. Proposta de Reconversão no Âmbito do PDIRTM para a Zona de Tratamento Homogéneo do Planalto Mirandês*. Mirandela, DRATM, 1983.
- 5 — TREVINO, J.; CABALLERO, R.; GILL, Y. — *Estudio comparado de la composición química, digestibilidad y valor energético de diferentes cultivares y poblaciones de Veza*. "Rev. Pastos", 1977.