



---

UNIVERSIDADE DE ÉVORA  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

---



DOCUMENTO DE TRABALHO N° 2011/03

Fevereiro

---

**A importância da análise de solos e plantas na produção agrícola**

---

António Pinheiro

*Universidade de Évora, Departamento de Economia, Portugal*

Maria de Lourdes Pimenta da Silva Pinheiro

*Laboratório Químico-Agrícola, Universidade de Évora, Portugal*

---

UNIVERSIDADE DE ÉVORA  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
Largo dos Colegiais, 2 – 7000-803 Évora – Portugal  
Tel.: +351 266 740 894 Fax: +351 266 742 494  
[www.decon.uevora.pt](http://www.decon.uevora.pt) [wp.economia@uevora.pt](mailto:wp.economia@uevora.pt)

## **Abstract/Resumo:**

Este trabalho começa por realçar a importância da análise químicas de solos e plantas na agricultura, quer contribuindo para a minimização dos custos privados (custos de produção do empresário), quer na redução dos custos sociais (redução das externalidades negativas que originam a poluição das águas e do ambiente) causadas pelo excesso de fertilizantes. Demonstra-se que não é possível praticar agricultura moderna, agricultura de precisão, sem recorrer à análise de solos e plantas.

Seguidamente aborda-se a contribuição do Laboratório Químico Agrícola (LQA) da Universidade de Évora nos diferentes tipos de análise de solos e plantas.

Finalmente, tendo presente a agricultura da região Alentejo, fazem-se estimativas sobre o que se prevê venham a ser as necessidades de análises para uma agricultura que se quer moderna e sustentável dos pontos de vista económico, social e ambiental. Prova-se que é de esperar que os agricultores recorram, cada vez mais ao LQA, levando ao crescimento do número de amostras de solos e plantas que será necessário analisar.

**Keywords/Palavras-chave:** análise de solos, agricultura de precisão, adubos, fertilizantes, produtividade média, produtividade marginal, externalidades negativas, LQA.

**JEL Classification/Classificação JEL:** D21, D24, D62, O13, O33, Q12

## I. Introdução

Até meados do século passado a agricultura, na maior parte dos países, era uma actividade que, predominantemente, visava o auto-consumo. Em países como Portugal, em algumas regiões do norte interior, para além da pecuária, poucas eram as actividades cujos produtos se destinavam ao mercado (cash crops).

Naquela época, os factores de produção, mais importantes, eram produzidos (fornecidos) no seio da empresa familiar. O trabalho, por regra muito abundante, era, essencialmente, realizado pelos membros do agregado familiar; os fertilizantes, maioritariamente de origem orgânica, provinham do estrume dos animais; a tracção era, igualmente, feita pelos animais pertencentes à exploração (bovinos, muares e asininos).

Neste contexto, a contabilidade dos custos e das despesas fazia pouco sentido. As grandes preocupações do agregado familiar eram as de produzir alimentos suficientes para a sua alimentação e algumas “cash crops”, para o mercado (ovos, leite e animais) que lhe permitissem comprar os bens que não conseguiam produzir e pagar as suas contribuições.

Não obstante alguns agricultores, e até técnicos da produção, continuarem a actuar de modo muito semelhante, não fazendo contas ao que gastam e ou que recebem, isto é, não aferindo economicamente as tecnologias que usam, a verdade dos factos é que a agricultura de hoje nada tem a ver com o que atrás se disse. Os factores de produção são, agora, maioritariamente adquiridos no mercado e as produções da empresa destinam-se quase na totalidade ao mercado. As actividades agrícolas têm os mesmos objectivos que as actividades dos sectores comercial ou industrial: gerar rendimentos para que aqueles que as praticam garantam a sua sustentabilidade económica e financeira.

Nestes termos, os factores de produção têm de ser aplicados no momento e nas quantidades que garantam o maior lucro possível.

## II. Relação entre a produção e a quantidade de factor aplicada<sup>1</sup>

Como se sabe, através da experimentação é possível estabelecer a relação entre a quantidade de um ou

---

<sup>1</sup> Na exposição da teoria da produção seguimos de perto Pinheiro e Carvalho, 2003

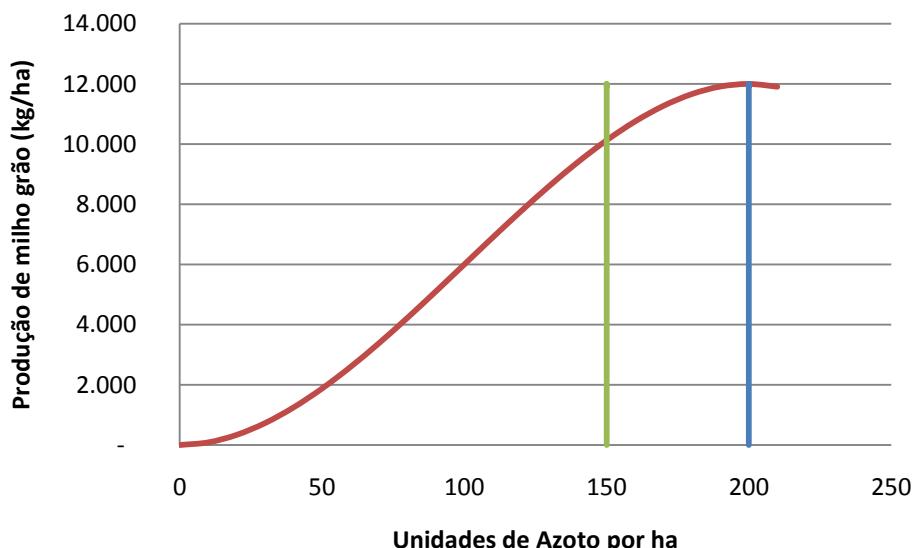
vários factores de produção e a quantidade de produção obtida. Isto é, é possível estimar uma função de produção do tipo,

$$Y = f(X) \quad (1)$$

onde Y representa a quantidade de produção e X a quantidade de factor utilizado.

Consideremos que através de ensaios de campo foi possível chegar a uma função de produção cuja representação gráfica é a seguinte (Figura 1).

**Figura 1 - Relação entre a produção de milho grão, por hectare, e o número de unidades de azoto**

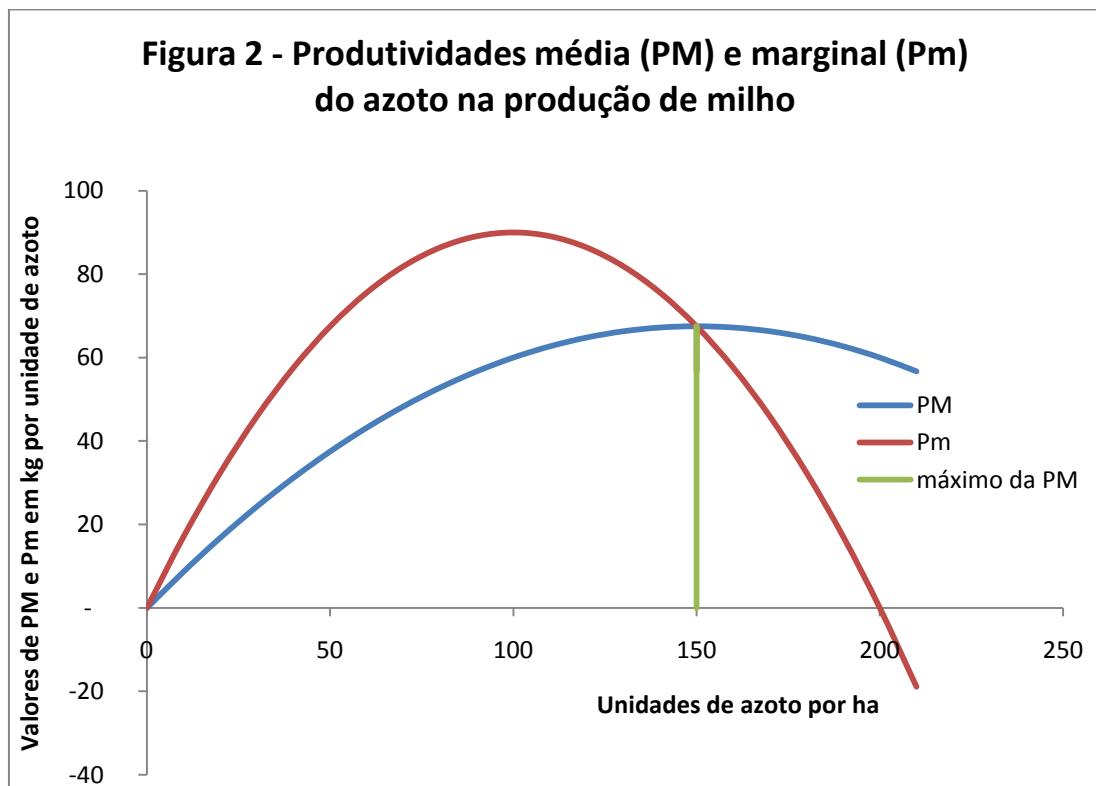


Como se vê na figura acima, a produção de milho aumenta à medida que o número de unidades de azoto aumenta até que se atinge a produção máxima, cerca de doze toneladas por hectare, com 200 unidades de azoto. É importante notar que os acréscimos de produção por unidade de azoto, ou seja, a productividade marginal do azoto(Pm), não é a mesma ao longo da curva. Numa primeira fase por cada unidade de azoto que adicionamos temos uma resposta em kg de milho superior à anterior (temos acréscimos crescentes). A partir de do ponto em que a curva tem a concavidade virada para baixo por cada unidade adicional de azoto temos respostas na produção embora positivas, mas cada vez menores (temos acréscimos decrescentes). Como podemos ver na figura abaixo (Figura 2) a produtividade marginal

anula-se quando a produção total é máxima (no caso presente quando o número de unidades de azoto é igual a 200).

A produtividade marginal,  $P_m$ , é igual ao acréscimo de produção a dividir pelo acréscimo de factor, isto é,  $P_m = \Delta Y / \Delta X \approx f'(X)$

Também a produção ou produtividade média (PM) obtida por cada kg de adubo varia ao longo da curva. Numa primeira fase cresce e depois decresce, atinge o seu máximo quando iguala a produtividade marginal (Figura 2). A produtividade média, PM, é igual ao quociente da produção pelo número de unidades de factor, isto é  $PM = Y/X$ .



Facilmente se entenderá que não será uma decisão racional adubar com mais de 200 unidades, isto é, para além do ponto em que a produtividade marginal atinge o valor zero; se o fizéssemos estaríamos a deitar dinheiro fora pois, para além de outros efeitos negativos, o excesso de adubo faria a produção baixar. Também não parece racional adubar com menos unidades de azoto do que aquelas em que a produtividade média atinge o máximo, no exemplo com menos do que 150 kg; pois se é benéfico adubar com, por exemplo 50 unidades, mais será com 100 dado que a produtividade média ainda está a aumentar. Assim sendo, é possível afirmar, mesmo sem recorrer a qualquer grandeza económica, apenas

com a informação técnica disponível, que vale a pena adubar pelo menos até aos 150 kg (ponto em que a PM atinge um máximo) e que não devemos adubar com mais de 200 kg (ponto em que a Pm atinge o valor zero).

Como decidir quantas unidades de azoto devemos recomendar ao agricultor? Não podemos ser tão vagos no nosso conselho de adubação e dizer ao agricultor que adube, no nosso exemplo, com um número de unidades entre 150 e 200! Para estimar qual a quantidade óptima de adubo a utilizar temos de nos socorrer de fundamentos económicos.

Admitamos, o que é normal, que o objectivo do agricultor é maximizar o lucro, isto é, a diferença entre as receitas e as despesas. Para manter o exemplo simples, admitamos que como receita o agricultor apenas tem o valor da venda da produção de milho e como despesas tem, para além das decorrentes da compra do adubo, encargos fixos de valor F.

Assim, o lucro do empresário pode ser estimado por:

$$\text{Lucro} = Y \cdot P_Y - A \cdot P_A - F \quad (2)$$

onde Y representa a quantidade de milho produzido,  $P_Y$  é preço do kg de milho, A é a quantidade de adubo a aplicar e  $P_A$  é preço da unidade de azoto.

Atendendo à expressão (1) o lucro pode ser estimado por,

$$\text{Lucro} = f(A) \cdot P_Y - A \cdot P_A - F \quad (3)$$

Nesta expressão substituímos X por A para representar o factor produtivo azoto.

Para encontrar o valor de A que maximiza o lucro, basta achar a derivada de primeira ordem da expressão (3) e igualar a zero, obtendo-se, sucessivamente.

$$f'(A) \cdot P_Y - P_A = 0$$

$$f'(A) \cdot P_Y = P_A \quad (4)$$

$$\text{ou } f'(A) = P_A/P_Y \quad (5)$$

A expressão (4) diz que devemos adubar com uma quantidade tal que o acréscimo do valor da produção (acréscimo da quantidade de kg de milho vezes o seu preço) devido à última unidade de azoto adicionada seja igual ao custo da unidade de azoto. Um modo alternativo de interpretar o ponto óptimo é o

apresentado na expressão (5). Desta expressão infere-se que a quantidade de adubo que leva ao máximo lucro é aquela em que o valor da produtividade marginal é igual à razão entre o preço do adubo e o preço do milho.

A expressão (5) torna evidente que o ponto de óptimo económico só coincidiria com o da máxima produção se o custo do adubo fosse zero! Se não vejamos. A máxima produção obtém-se com 200 unidades de azoto, nesse ponto  $f'(A)$ , ou seja a produtividade marginal é igual a zero. Então para que a igualdade (5) se verifique seria necessário que  $P_A$  (preço do azoto) fosse zero ou que o preço do milho fosse infinito!

Infelizmente, este facto é ignorado por muitos agricultores e muitos técnicos da produção que, independentemente dos preços dos factores de produção e da produção, continuam a dar conselhos de adubação com o objectivo de alcançar a produção máxima.

A análise que acabámos de fazer, em que admitimos que a produção dependia de um só factor de produção, pode ser generalizada para  $n$  factores.

Considerando que a produção  $Y$ , depende dos factores  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , que têm, respectivamente os preços,  $P_1, P_2, \dots, P_n$ , teremos sucessivamente:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

$$\text{Lucro} = P_Y \cdot f(X_1, X_2, \dots, X_n) - P_1X_1 - P_2X_2 - \dots - P_nX_n - F$$

Derivando em ordem a  $X_1, X_2, \dots, X_n$  e igualando a zero, obtém-se,

$$f'(x_1) = P_1/P_Y$$

$$f'(x_2) = P_2/P_Y$$

$$f'(x_n) = P_n/P_Y$$

Sendo  $f'(x_i)$  a derivada parcial de  $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$  em ordem a  $X_i$

A conclusão é igual à que chegamos anteriormente, isto é, independentemente do número de factores produtivos, devemos usar quantidades de cada factor tais que a produtividade marginal desse factor seja igual à razão entre o seu preço e o preço do produto.

### **III. A análise de solos e a agricultura de precisão**

Agricultura de precisão (AP) pode definir-se como um sistema comprehensivo para optimizar a produção agrícola, talhado para gerir o solo e as plantas de acordo com condições específicas de cada local (parcela de terreno) mantendo a qualidade ambiental (Lowenberg-de-Boer, 1997).

A redução dos custos de produção parece ser a principal razão que leva os primeiros adoptantes a praticar agricultura de precisão (Popp and Griffen, 2000). Em síntese, o que se pretende com a AP é obter o máximo lucro da actividade praticada. No limite, isto consegue-se aplicando a Teoria Marginalista a cada planta e/ou a cada animal, o que se traduz na utilização de factores de produção nas quantidades que tornem a produtividade marginal de cada factor multiplicado pelo preço do produto igual ao custo do factor, isto é:

$Pm.Py = Px$ , onde  $Pm$  é a produtividade marginal do factor de produção em análise,  $Py$  o preço do bem produzido e  $Px$  o preço do factor de produção.

Ora, esta análise foi, exactamente, a que fizemos no ponto anterior. A aplicação da quantidade de factor indicada pela análise marginalista, para além dos benefícios privados (maximização do lucro do empresário agrícola) tem benefícios sociais porque evita que o excesso de fertilizantes provoque acréscimos de custo em outros processos produtivos, externalidades negativas que levam à degradação do ambiente. Como se sabe, os fertilizantes em excesso são arrastados pela água poluindo-a o que, consequentemente, acarreta custos para os utilizadores a jusante da produção agrícola e leva à diminuição da biodiversidade.

Do que acima fica dito ressalta a necessidade de laboratórios que analisem com rigor e atempadamente os solos que os agricultores querem cultivar e sejam capazes de lhe dar conselhos de adubação onde esteja plasmada a teoria económica que atrás foi exposta.

### **IV. O Laboratório Químico Agrícola da Universidade de Évora (LQA)**

O Laboratório Químico Agrícola (LQA) da Universidade de Évora é uma sub--unidade orgânica integrada na Escola de Ciências e Tecnologia (ECT) que tem como objectivo principal a realização de análises no domínio da fertilidade do solo, nutrição mineral das culturas e emissão de recomendações, utilização de fertilizantes e correctivos.

Paralelamente à análise química de solos, que continua a ser a sua actividade principal, o Laboratório

Químico Agrícola oferece, também, aos seus utentes uma prestação de serviços na área da análise química da matéria vegetal.

Para além da regular prestação de serviços que é feita tanto à Universidade como a entidades exteriores, o Laboratório Químico Agrícola dá apoio técnico aos investigadores, da Universidade, que recorrem ao equipamento do L.Q.A. para realizar os seus trabalhos.

No ano de 2009, o LQA, à semelhança do que aconteceu em anos anteriores, prestou serviços a muitas empresas agrícolas e deu apoio a projectos de investigação da Universidade de Évora, tendo efectuado 3.270 determinações químicas, que correspondem à análise de 590 amostras de solos e a 21 amostras de matéria vegetal.

## V. Procura potencial de análises químicas

A melhor formação técnica e empresarial dos agricultores levará, naturalmente, à evolução da agricultura aproximando-a, cada vez mais, do que acima definimos como agricultura de precisão. Assim, inevitavelmente a procura por análises químicas ao solo e a partes das plantas (folhas e pecíolos) tenderá a aumentar

O LQA pode fazer análises de amostras provenientes de qualquer parte do país, mas é de esperar que a maior procura venha dos agricultores da região Alentejo. Assim, as estimativas que a seguir se apresentam assentam nas seguintes premissas: (1) o Alentejo é o mercado alvo; (2) os agricultores fazem as análises tecnicamente aconselháveis (recomendadas pelos técnicos de produção para cada cultura); (3) o LQA pratica preços iguais ou semelhantes aos laboratórios congêneres; (4) o LQA entrega os resultados das análises dentro de prazos que satisfazem as necessidades dos agricultores.

No Quadro 1 apresentam-se os números das explorações agrícolas do Alentejo usando os critérios da dimensão económica e da dimensão territorial, superfície agrícola útil.

**Quadro 1. Explorações Agrícolas do Alentejo**

Segundo a Dimensão Económica		Segundo as Classes de SAU	
Inferior a 2 UDE	16.500	Sem SAU	366
Entre 2 e 3 UDE	4.779	Inferior a 1 ha	3.061
Entre 4 e 7 UDE	3.547	Entre 1 e 5 ha	12.698
Entre 8 e 15 UDE	2.781	Entre 5 e 20 ha	8.067
Maior ou igual a 16 UDE	6.083	Entre 20 e 50 ha	3.174
		Maior ou igual a 50 ha	6.355

Fonte: Elaborado pelos autores com base na informação do I.N.E.P. (2009). Nota uma UDE é igual a 1.200 Euros.

De acordo com os dados do Quadro 1, o número total de explorações agrícolas ronda as 33.700. Algumas destas explorações são manifestamente pequenas, quer em termos de superfície agrícola útil (SAU), quer em unidades de dimensão económica (UDE). Certamente que estas explorações, por serem economicamente insustentáveis, desaparecerão num futuro mais ou menos próximo.

Se do Quadro 1 retirarmos as explorações com menos de 2 UDE, ficaremos com um total de 17.190. Igualmente, se do mesmo quadro retirarmos as explorações com menos de 5 hectares ficaremos com um total de 17.596. Ou seja, “grosso modo” temos no Alentejo cerca de 17.000 explorações viáveis. Mesmo admitindo que cada exploração apenas pretendesse analisar uma amostra, por ano, temos um mercado potencial de 17.000 amostras para analisar!

A estimativa do número de amostras a analisar pode ser feita, também, atendendo aos tipos de culturas praticadas e ao número de hectares por amostra tecnicamente recomendados.

No Quadro 2 apresentam-se as principais culturas praticadas no Alentejo e as respectivas áreas, bem como as amostras a colher por área de cultura.

**Quadro 2. Área ocupada pelas principais culturas no Alentejo**

Culturas	Área (ha)	Hectares/Amostra	N. Amostras
Cereais de inverno e girassol	208.039	25	8.322
Hortícolas	2.455	2	1.228
Culturas permanentes (pomares e olival)	13.475	5	2.349
Arroz	18.021	10	1.802
Tomate para indústria	12.102	10	1.210
Beterraba sacarina	1.049	10	105
Vinha (vinho e uva de mesa)	11.299	5	2.606

Fontes: Elaborado pelos autores. A informação sobre as áreas ocupadas pelas culturas foi recolhida do I.N.E.P (2009) e da Comissão Vitivinícola Regional Alentejana. Em relação aos hectares por amostra, exceptuando os pomares e a vinha cuja informação se recolheu em INIAP (2006), são estimativas dos autores.

Seguindo este critério o número potencial anual de amostras seria 17.621. Curiosamente, trata-se de um valor muito semelhante aos anteriormente estimados.

Mesmo admitindo que há alguma subjectividade nas estimativas apresentadas, o que não há dúvida é de

que há um grande potencial para o número de análises a efectuar pelo LQA crescer, se atentarmos a que, presentemente, o número anual de amostras analisadas não vai além das mil.

## VI. Conclusões

A evolução natural da agricultura fará com que as tecnologias a usar se aproximem do que é recomendado para uma agricultura de precisão. Como se demonstrou, do ponto de vista da fertilização, a agricultura de precisão traduz-se numa poupança de adubos com vantagens para o agricultor e para a sociedade.

Assim, é de esperar não só que o número de agricultores a solicitar a análise de solos aumente, mas também que o número de amostras por exploração cresça substancialmente.

A Universidade de Évora é uma das universidades mais conceituadas a nível nacional no sector agrícola. Portanto, tem o dever social de prestar apoio aos agricultores aconselhando-lhes a adubação técnica e economicamente mais recomendáveis.

As estimativas feitas demonstram, à sociedade, que é de esperar que os agricultores recorram, cada vez mais ao LQA, levando ao crescimento do número de amostras de solos e plantas a analisar. À Universidade compete fazer ampla divulgação da existência do LQA e da qualidade dos serviços que presta.

Para consecução deste desiderato a Universidade tem de apetrechar o seu LQA, em recursos humanos e equipamentos capazes de dar resposta às crescentes solicitações que se espera venham a acontecer.

## Bibliografia

Comissão Vitivinícola Regional Alentejana: disponível em  
[http://www.vinhosdoalentejo.pt/media/documents/120410\\_1271072583.pdf](http://www.vinhosdoalentejo.pt/media/documents/120410_1271072583.pdf)

Instituto Nacional de Estatística, I.N.E.P, Portugal (2009), *Anuário Estatístico da Região Alentejo 2008*.

Lowenberg-De-Boer, J. and S. M. Swinton (1997). Economics of site-specific management in agronomic crops. In the State of Site-Specific Management for Agricultural Systems . F. J. Pierce, P.C. Robert and J.D. Sadler, eds. Madison, WI:SSSA-CSSA. P. 369-396.

INIAF (2006), *Manual de Fertilização das Culturas*, INIAF – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa.

Pinheiro, António C. e Carvalho, M. Leonor (2003). *Economia e Política Agrícolas*, Edições Sílabo, Lisboa.

Popp, J. and T. Griffen (2000) Adoption profitability and Potential Trends of Precision Farming in Arkansas. Selected paper for Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Lexington, KY, January 29- February 2.