

TRIGO E TRITICALE EM ROTAÇÕES DE SEQUEIRO EFEITOS NA QUALIDADE

WHEAT AND TRITICALE IN CROP ROTATIONS QUALITY EFFECTS

CARLOS CASTRO¹, JOÃO COUTINHO², NUNO MOREIRA³, ANTÓNIO CRESPI⁴

RESUMO

Este trabalho resume parte dos resultados de um ensaio de rotações que decorreu durante dez anos (1986-1996) em Vila Real (Trás-os-Montes). O ensaio incluiu a rotação tradicional das condições de sequeiro da região, cereal-alqueive (TA), e rotações alternativas susceptíveis de serem adoptadas nestas condições, cereal-leguminosa (TL), cereal-consociação forrageira (TC) e cereal-prado de sequeiro (TP). Os cereais das rotações foram o trigo e, posteriormente, o triticale.

Determinaram-se e analisaram-se as produções de grão e palha das diversas culturas e respectivos teores em nutrientes, parâmetros do solo, peso de mil grãos, peso do hectolitro e os índices de Zeleny, Queda e Pelshenke do grão de trigo.

A rotação do trigo com tremocilha (leguminosa para grão) induz no grão de trigo maiores valores do índice de Pelshenke e de teor em azoto; no triticale esta influência positiva da rotação com leguminosa fez-se sentir no peso de mil grãos e no peso do hectolitro.

Como principais conclusões pode-se referir: alguma influência da rotação com tremo-

ilha no conjunto dos parâmetros de qualidade do grão analisados, a influência decisiva do ano agrícola nos resultados e a importância da espécie de cereal para extracção de conclusões significativas.

Palavras-chave: cereais praganosos, fertilidade do solo, rotações.

ABSTRACT

Results of a field trial of crop rotations conducted over a period of ten years (1986-1996) in Vila Real (Northeast Portugal) are presented. The rotations tested were cereal-cultivated fallow (TA), traditional in rain-fed conditions of the region, and alternative rotations that could be adopted in these conditions: cereal-grain legume crop (TL), cereal-forage mixture (TC) and cereal-rain-fed seeded pasture (TP). The cereals were wheat and, later, triticale.

Grain, straw and aerial biomass yields, nutrient levels of crops and soil parameters were evaluated together with one thousand grain weight, hectolitre weight, Zeleny, Falling Number and Pelshenke indices of cereal grain.

Wheat grain from TL rotation have the highest Pelshenke indices and nitrogen content. Triticale grain from TL rotation was the heavier and with the highest specific weight.

As main conclusions we can refer the influence of the rotation with lupin in the group of the parameters of grain quality, the decisive influence of the agricultural year on the results and the importance of the cereal species to obtain significant conclusions.

¹ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Depart. de Fitotecnia, aptd. 1013, 5001-801 Vila Real

² Depart. de Edafologia, CECEA

³ Depart de Fitotecnia

⁴ Herbário, CETAV

INTRODUÇÃO

O efeito das rotações na qualidade das culturas que as integram é referido com pouca frequência, talvez devido à demora e complexidade do estudo das rotações e ambiguidade do conceito de qualidade. Na definição de Almeida *et al.* (1981), entende-se por qualidade a totalidade das características de um produto ou serviço que determinam a sua aptidão para satisfazer uma dada necessidade, pelo que, grão de trigo para panificação ou para a alimentação animal podem apresentar diferentes teores de proteína e, no entanto, serem ambos de elevada qualidade.

A influência das rotações na qualidade é confundida pela influência de outros factores como o clima, solo, densidade de plantas e técnicas culturais. Com López-Bellido *et al.* (1996), os anos de fraca produção produziram grão de trigo com maior teor proteico, o peso de mil grãos foi aumentado com a diminuição da adubação azotada e foi maior quer nas rotações mais produtivas (fava ou alqueive), quer na menos produtiva (monocultura de trigo), provavelmente porque neste caso o trigo afillhou menos. Com Légère *et al.* (1997), o peso de mil grãos de cevada foi superior na rotação com trevo do que na monocultura, sendo também afectado pelo tipo de mobilizações efectuadas. Nos ensaios de Hobbs (1971), a adição de azoto ao trigo aumentou sempre o teor proteico do grão, mesmo em rotações de maior produtividade.

Nos ensaios de Heenan *et al.* (1994), a resposta da produção e qualidade do grão variou ao longo do tempo e com a dose de adubo aplicado: sem adubação, a produção de grão e o teor proteico foram superiores na rotação do trigo com leguminosa do que na monocultura; com adubação azotada, a produção da monocultura de trigo sofreu um efeito negativo nos primeiros 4 anos e efeito positivo nos anos seguintes, o teor de proteína aumentou e, em todos os anos, o peso de mil grãos diminuiu. Nos ensaios de Doyle *et al.* (1988), o trigo da rotação com tremoço produziu mais grão e este com maior teor proteico do que o trigo na monocultura; no

entanto, este efeito só se fez sentir no 1º ano de trigo após leguminosa, já que no 2º ano sucedeu o inverso pelo menos na modalidade sem adubação azotada.

Com Gakale & Clegg (1987), o peso de mil grãos de sorgo foi maior na rotação com soja do que na monocultura, mas o efeito foi anulado com a aplicação de adubo (56 kg N ha⁻¹); o teor de azoto da planta também aumentou na rotação e, em fases mais adiantadas do ciclo, só acima de 112 kg N ha⁻¹ se anulou o efeito da rotação conduzindo a menor teor de N no grão e menor extracção total.

A presença repetida de plantas diferentes no mesmo solo pode conduzir a teores diversos de nutrientes nesse substrato, como o P, K, Mn e Zn (Karimian, 1990) ou o K (Chan & Heenan, 1993) alterando-se, assim, as características do solo. Por outro lado, teores diferentes de elementos no solo podem ter consequências a nível da qualidade das plantas cultivadas, como é o caso do azoto e potássio no teor de proteína do trigo (Karathanasis *et al.*, 1980; Porter *et al.*, 1982) ou, na rotação milho-soja, os teores e acumulação de N, P e K do milho (Copeland & Crookston, 1992). Como exemplo de confronto das respostas face à presença de leguminosas ou alqueives nas rotações podemos citar os ensaios de Alves (1983); a tremocilha da rotação conduziu a teores de proteína no grão de milho superiores aos verificados noutras rotações; em ensaios do mesmo autor (1961), o grão-de-bico tinha originado aumento do teor de azoto do grão e palha de trigo quando passou a revestir o alqueive da rotação com trigo. Nos ensaios de Hobbs (1971), o trigo da monocultura originou grão com menor teor proteico do que o da rotação com luzerna.

A monocultura e a rotação com alqueive induziram menor teor de azoto no grão de trigo do que a rotação com tremocilha ou ervilha (Evans *et al.*, 1991) ou com fava ou grão-de-bico (López-Bellido *et al.*, 1996); neste caso, o alqueive da rotação conduziu a maiores produções de trigo do que a monocultura, apesar de os teores proteicos não diferirem. Nos ensaios de McEwen *et al.* (1989), as várias alternativas das rotações

com trigo (monocultura, aveia, leguminosas e alqueive) não afectaram o teor de proteína do grão; a produção de grão, e o teor do solo em azoto mineral na época da sementeira, foram superiores na rotação com alqueive. Com Harris (1963), o alqueive originou menor teor de proteína do grão de trigo, mas maior produção e teor de azoto no solo, do que em monocultura.

A diversidade das respostas, em termos de teor de azoto na planta, pode ser atribuída a um efeito de diluição, referido com frequência pela bibliografia, com o qual as maiores produções estão associadas a iguais ou menores teores de proteína. Com Papastylianou (1987), o teor de azoto (e a produção) do grão de cevada foi superior a seguir a leguminosas do que a seguir a cereais como a cevada, aveia ou azevém, mas este efeito só se fez sentir no ano de fraca produção; no outro ano a diferença entre a produção de grão a seguir a leguminosa ou cereal aumentou mas o teor de azoto no grão foi semelhante em ambas as rotações. Com Hobbs (1971), em geral, os anos de maior produção de trigo ou sorgo foram também os que revelaram menores teores proteicos no grão produzido. No entanto, nos ensaios de Tucker *et al.* (1971), o teor de proteína do grão de trigo não adubado foi superior na rotação com luzerna do que na monocultura, apesar de a produção ser também maior. Com Jones *et al.* (1981), o trigo da rotação com alqueive produziu mais grão e com maior teor proteico do que na rotação com outras culturas; porém, também o teor residual de nitratos do solo foi maior e o azoto aplicado à sementeira foi recuperado em menor proporção. Com Alves (1986), a sideração com tremocilha originou maior produção de grão de trigo e este com maior teor de azoto no grão e palha do que no caso do alqueive estrumado (20 t ha⁻¹) ou não no Outono.

A diversidade criada pelas rotações, em oposição à relativa homogeneidade da monocultura, diminui a probabilidade de sucesso da grande reserva de sementes de infestantes presentes (Carvalho e Azevedo, 1991). Mesmo no passado, em que não estavam disponí-

veis os fitofármacos actuais para o combate de pragas e doenças, as infestantes constituíram o problema mais grave da monocultura de trigo (Johnston, 1994). Nos ensaios de Young *et al.* (1994), as infestantes foram um problema mais grave na monocultura e não resolvido pelo facto de se fazer trigo de primavera; a secura que ocorreu não permitiu que as sementes de infestantes germinassem e fossem destruídas na altura da preparação do solo para a sementeira do trigo seguinte.

Liebman e Dyck (1993) citam vários autores para concluir que, na maioria dos casos, a densidade de infestantes emergidas é menor quando uma cultura passa a ser integrada numa rotação. A mesma razão é apontada por Shanahan *et al.* (1988) para justificar a menor produção de milho-miúdo em monocultura, quando confrontado com as rotações com alqueive ou trigo.

O tradicional alqueive, praticado com o objectivo de controlar infestantes, é hoje em dia posto em causa também devido, entre outros, ao problema de poluição por nitratos (Addiscott *et al.*, 1991). Apesar do interesse das mobilizações no controlo de infestantes, a rotação com outra cultura pode ser ainda mais importante; as infestantes na monocultura de cevada ou em rotação com trevo constituíram problema idêntico quando em ambos os casos foram efectuadas lavouras; no entanto, ao reduzirem-se os cuidados com as infestantes, as produções baixaram mais na monocultura de cevada do que na rotação (Légère *et al.*, 1997) e as produções de grão de cevada foram superiores em rotação, apesar de não significativamente.

Às rotações são atribuídas vantagens no combate de infestantes, devido também, aos efeitos alelopáticos das culturas que as integram (Bhowmik & Doll, 1982; Weston, 1996); os efeitos alelopáticos de plantas ricas em glucosinolatos no controlo de infestantes, pragas e doenças, são referidos por numerosos autores citados por Brown & Mona (1997).

Unger *et al.* (1988) citam o problema de infestantes na rotação com pousio não mobilizado. Por seu lado, Fenster *et al.* (1965)

referem que a persistência de alguns herbicidas aplicados ao alqueive pode inviabilizar a rotação com trigo. As modalidades de alqueive podem influenciar a produção de cereais praganosos e a população de infestantes; nos ensaios de Barralis *et al.* (1997), o número de infestantes foi mais reduzido no alqueive mobilizado, mas no alqueive revestido a produção do trigo foi superior, apesar de subsistir grande número de plantas da cultura de revestimento.

Triplett & Worsham (1986) referem que as rotações podem evitar que as infestantes se tornem um problema. Num dos anos de ensaios de Liebman *et al.* (1996), a aveia, o trevo e os métodos de mobilização afectaram a população de infestantes e a produção de batata da rotação; estes autores concluíram que, na ausência de herbicidas, é importante, para as rotações com batata, considerar qual a cultura anterior e o método de mobilização a praticar.

Entre nós, o problema provocado pela proliferação de infestantes, quando da inclusão de leguminosas (gramicha, fava) nas rotações, é citado por Alves (1961).

Sobretudo a partir da II Guerra Mundial, assistiu-se a um abandono da prática de rotações longas, substituindo-as por mais curtas ou por monoculturas, em grande parte devido à generalização do uso de adubos e pesticidas (Karlen *et al.*, 1994).

Actualmente, o conceito de qualidade abarca a ausência de poluentes que têm vindo a detectar-se nos produtos agrícolas. As produções em modo de produção biológico são consideradas de melhor qualidade e, como tal, melhor remuneradas; dado que a agricultura biológica de monoculturas é muito difícil ou mesmo impossível (Lockhart & Wiseman, 1988), o recurso a rotações é inevitável. Mais recentemente, os problemas ambientais gerados pelo uso exagerado de fitofármacos obrigaram, entretanto, a restrições do seu uso (Zadoks, 1993). Por outro lado, nem sempre está disponível a matéria activa mais adaptada ao binómio cultura-infestante presente (Fougeroux *et al.*, 1989). É claro que as rotações não são a panaceia capaz de ultrapassar

todos estes problemas (Arnon, 1972) mas, juntamente com adequadas práticas culturais de mobilização do solo, permanecem como principais meios de combate a infestantes nos métodos de produção que não permitem o emprego de herbicidas (Davison & Hackett, s.d., Beau *et al.*, 1991). Como refere Azevedo (1992), “As rotações são de novo um meio a ter em conta numa agricultura sustentável e podem desempenhar papel relevante na criação de ecossistemas de substituição não só menos agressivos para o ambiente como até, em muitos casos, conservadores e mesmo melhoradores da qualidade deste”.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio das rotações TA, TL, TC e TP foi instalado na Quinta de Prados da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro em Vila Real em condições descritas pormenorizadamente em trabalho anterior (Castro *et al.*, 2007) desde 1986 a 1996. Anualmente procedeu-se à amostragem das produções, e ao registo das datas de mobilização, sementeira, adubação, ocorrência do estado de espigamento (trigo/triticale e aveia), floração (leguminosas) e colheita.

No trigo Barbela, e posteriormente no triticale Presto, procedeu-se à determinação do peso de mil grãos, peso do hectolitro, número de espigas por unidade de área e, apenas no caso do trigo, dos índices de Queda, Zeleny e Pelshenke, segundo os métodos em rotina dos laboratórios da EPAC.

Em alguns dos anos avaliou-se, com amostragens de 1 m², a quantidade de grão de tremocilha deixada no solo após a colheita.

Os resultados foram sujeitos a análise de variância através dos programas informáticos SYSTAT 5.0 e MSTAT. Quando obtidos valores significativos ($p < 0,05$) na análise de variância fizeram-se comparações das médias através do teste de *Student-Newman-Keuls*. Na análise multivariada optou-se por aplicar o protocolo previsto por Santos *et al.* (2004) e Martins *et al.* (2004). Deste modo sobre as respectivas matrizes de caracteriza-

ção edáfica e de biomassa é realizada uma standardização, que facilite a comparação de cada uma das variáveis (Ludwig & Reynolds, 1988), a partir da qual são realizadas análises canônicas discriminantes (CDA) forward stepwise e ANOVAs sobre as variáveis mais discriminantes. Tendo em consideração que a rotação com pastagem permitiu a obtenção de produção de cereal em apenas dois anos, os resultados obtidos serão expostos com e sem a inclusão deste tratamento. No caso desta rotação o talhão de cereal foi subdividido, não se realizando a adubação N numa das metades (Castro *et al.*, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisaram-se os valores do peso de mil grãos (g), peso do hectolitro (kg hl⁻¹), índices de Queda (s), Zeleny (ml) e Pelshenke (min).

A análise de variância dos resultados permitiu concluir do efeito significativo dos anos em todos os parâmetros à exceção do peso de mil grãos (Quadro 1).

Em 1989 ocorreu a acama importante do cereal do talhão TL; facto que originou que os valores do peso de mil grãos e do peso do hectolitro deste ano sejam inferiores aos dos restantes anos, embora nos restantes talhões (TC e TA) tal não se verificasse.

O valor muito baixo do índice de queda verificado em 1988 deve-se à precipitação que nesse ano ocorreu em Junho, antes da colheita, provocando o início da germinação do grão e uma actividade amilásica importante. O efeito da precipitação de 1988 reflectiu-se, ainda, nos valores dos restantes parâmetros. Se excluirmos os anos de 1988 e 1989, pelas razões atrás apontadas, a análise de variância evidencia um efeito significativo dos anos em todos os parâmetros, incluindo o peso de mil grãos.

Quadro 1 – Parâmetros de qualidade do grão de trigo. Valores médios anuais.

Anos	Peso de mil grãos (g)	Peso do hectolitro (kg hl ⁻¹)	Índices		
			Queda (s)	Zeleny (ml)	Pelshenke (min)
1987	48,8	65,3 b	269,2 c	6,3 c	24,7 d
1988	37,9	63,1 b	130,0 d	17,4 a	39,7 a
1989	39,0	63,4 b	360,7 a	10,6 bc	26,0 cd
1990	41,8	70,9 ab	344,8 a	15,6 ab	36,7 b
1991	43,0	78,0 a	316,5 b	10,4 abc	26,3 d
1992	45,3	74,2 a	299,7 b	10,7 c	29,0 c
<i>Médias</i>	<i>42,6</i>	<i>69,2</i>	<i>286,8</i>	<i>11,8</i>	<i>30,4</i>

Nota: valores da mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente (teste de *Student-Newman-keuls*; $p < 0,05$).

A análise de variância das rotações permite concluir que há uma influência significativa ($p < 0,05$) apenas no índice de Pelshenke (Quadro 2). Esta influência significativa continua a verificar-se quando excluído o ano de 1989, em que se verificou acama importante no TL, mas não se excluirmos também o ano de 1988. No entanto, a rotação com leguminosa parece induzir no trigo maiores índices de queda, Zeleny e Pelshenke, sucedendo o inverso no trigo da rotação com alqueive.

A análise de variância não detectou qualquer influência significativa das rotações

nos teores de elementos do grão ou palha de trigo; no entanto, se considerarmos como covariável os valores dos anos anteriores, obtemos diferença significativa ($p < 0,05$) entre rotações no que respeita aos teores de N do grão (e palha de trigo); os valores superiores ocorrem no trigo da rotação com tremocilha (Quadro 3) o que parece indiciar efeito da leguminosa nos teores de azoto, o que se repercute nos parâmetros de qualidade (panificação). Em ambos os cereais, trigo e triticale, os valores mais baixos de teor de N no grão e na palha ocorrem na rotação TA.

Quadro 2 – Parâmetros de qualidade do grão de trigo. Valores médios das rotações

Rotação	Peso de mil grãos (g)	Peso do hectolitro (kg hl ⁻¹)	Índices		
			Queda (s)	Zeleny (ml)	Pelshenke (min)
TC	42,7 a	69,8 a	292,3 a	11,3 a	29,0 b
TL	40,3 a	67,3 a	293,5 a	13,8 a	32,3 a
TA	44,9 a	70,3 a	274,6 a	10,3 a	29,8 b

Nota: valores da mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente (teste de *Student-Newman-keuls*; $p < 0,05$)

Quadro 3 – Teores de azoto no grão e palha e índice de Zeleny do grão de trigo.

	Talhão	Trigo		Triticale
		N (%)	Zeleny (ml)	N (%)
Grão	TC	1,82	11,3	1,66
	TL	2,02	13,8	1,57
	TA	1,74	10,3	1,41
Palha	TC	0,44	-	0,37
	TL	0,53	-	0,36
	TA	0,38	-	0,34

Este efeito é confirmado pelo valor da correlação entre o teor de azoto no grão e o índice de Zeleny (0,81; $p < 0,05$). A experimentação referida por López-Bellido *et al.* (1996) detectou influência significativa de leguminosas (fava e grão-de-bico) em rotações com trigo no teor de azoto do grão deste cereal, pelo menos quando comparado com a rotação com alqueive.

O valor mais elevado do peso de mil grãos de trigo na rotação com alqueive poderá ser atribuído a um menor afilamento, que conduziu a menor número de espigas por unidade de área no TA (356 espigas m²) do que no TL (391).

O peso de mil grãos e o peso do hectolitro do trigo da rotação com tremocilha apresentaram valores inferiores aos das restantes rotações devido apenas ao ano de 1989 em que o trigo acamou; se exceptuarmos este ano, os valores do peso de mil grãos (43,1 g) e peso do hectolitro (70,0 kg) do trigo da rotação com tremocilha sobem substancialmente, continuando no entanto, a não ser significati-

vo o efeito das rotações no peso de mil grãos e no peso do hectolitro.

A partir de 1993 passou-se a utilizar o triticale, porque nos anos anteriores se verificaram sintomas de acama e ataques de pássaros próximo da colheita. Já Portela *et al.* (1986) e Mendes (1987) tinham referido a maior resistência à acama do triticale. Em ensaios de longa duração, este tipo de substituição é usual e deve ser prevista (Powers & Cleve, 1991). Com a substituição do trigo Barbela pelo triticale, a diferença entre a produção de grão das diversas rotações aumentou (Castro *et al.*, 2007) e alterou-se a resposta qualitativa do grão de cereal.

O aumento de produção de grão, que se verificou em todas as rotações, foi proporcionalmente maior na rotação com leguminosa (21%) do que nas rotações com a consociação (14%) ou alqueive (12%), e terá contribuído para que o teor de azoto do grão de triticale na rotação com leguminosa não tenha sido superior ao observado na rotação com consociação (Quadro 3).

A análise estatística dos valores do grão de triticale detectou diferenças significativas

entre rotações relativamente ao peso de mil grãos e peso do hectolitro (Quadro 4).

Quadro 4 – TParâmetros de qualidade do grão de triticale. Valores médios das rotações

Rotação	Mil grãos (g)	Peso do hectolitro (kg hl ⁻¹)
TC	33,4 b	66,0 b
TL	34,2 a	67,2 a
TA	32,5 c	65,6 b

Nota: valores da mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente (Teste de *Student-Newman-Keul's*; $p < 0,05$)

A rotação com leguminosa, quando comparada com as restantes rotações, originou grão de triticale com maiores valores de peso de mil grãos e do hectolitro, além de ter aumentado a produção de grão (e palha). No entanto, dado que estes resultados dizem respeito a apenas 4 anos e porque alguns destes efeitos não se verificaram no caso do trigo (6 anos de resultados) devem ser encarados com prudência.

O trigo adubado com azoto e após prado, em média dos dois anos de resultados, originou grão com peso de mil grãos e do hectolitro inferior ao da modalidade sem azoto; isto pode explicar-se pelos sintomas de acama que foram observados no 2º ano (TP2). Os ensaios de Jonhston *et al.* (1994) parecem

indicar que mais de 4 anos de prado não beneficia a produção (kg ha⁻¹) de grão de trigo e que o óptimo de adubação não deverá ultrapassar os 100 a 150 kg N ha⁻¹, uma vez que a doses superiores, em geral, diminui a produção, o peso de mil grãos e o peso do hectolitro. No nosso caso, 90 kg N ha⁻¹ aplicados ao trigo da rotação com prado (TP) parecem já acarretar prejuízos em termos de alguns dos parâmetros de qualidade do grão e não permitem produções superiores às alcançadas com as rotações TL e TC.

Na análise factorial (análise de componentes principais ou ACP) sobre a matriz numérica das biomassas não se registam aparentes diferenças entre os tratamentos TC, TL ou TA. Na Figura 1 estão representadas as respectivas ACPs.

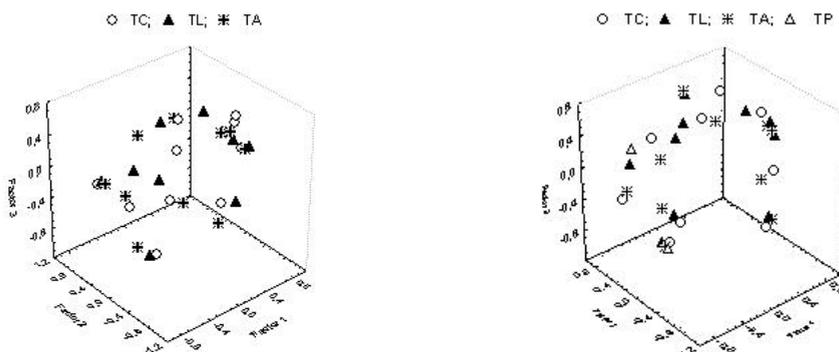


Figura 1 – Representação gráfica das ACPs elaboradas a partir da matriz numérica de biomassa, com a exclusão do tratamento TP (a) ou incluindo este tipo de tratamento (b).

Para o caso dos tratamentos com pastagem (TP) pode-se observar, contudo, uma tendência não significativa que agrupa os mesmos de

acordo com o valor médio das variáveis contempladas. Este contraste com os valores médios das variáveis está registado na Figura 2.

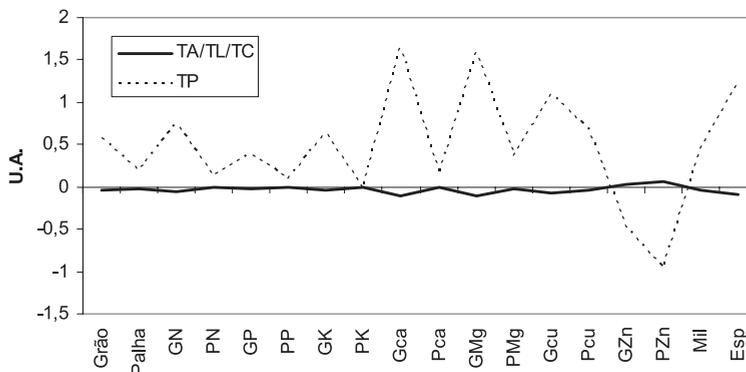


Figura 2 – Variação das médias das variáveis utilizadas na matriz das biomassas, para o conjunto dos tratamentos TA, TL e TC, comparativamente com a variação dessas médias para o tratamento TP.

CONCLUSÕES

A rotação com tremocilha consegue manter, embora sem diferenças estatisticamente significativas, produções de cereal superiores às das restantes rotações e alguns dos parâmetros de qualidade do grão com valores mais favoráveis. No entanto, o efeito do ano agrícola é nitidamente mais decisivo para a definição dos parâmetros de qualidade das produções obtidas. A espécie cultivada influencia os resultados obtidos, já que as diferenças observadas nos parâmetros de qualidade do grão analisados são diversas do trigo para o triticale.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addiscott, T.; Whitmore, A. & Powlson, D. (1991) - *Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem*. Wallingford, C.A.B. International.

Almeida, M.; Pereira, L.; Mendes, S. & Gonçalves, C. (1981) - *Glossário da Qualidade*. Ministério da Indústria, Energia e Exportação, Direcção-Geral da Qualidade.

Alves, J. A. (1961) - O Problema da Manutenção da Fertilidade na Agricultura do Sul. Notas para o seu estudo. *Melhoramento* 14: 9-456.

Alves, J. (1983) - A estrumeação verde, o estrume, a palha e a fertilização mineral na agricultura da Beira Alta - III. 1971/72 - 1976/77. *Revista de Ciências Agrárias* VI (II): 77-88.

Alves, J. (1986) - *Práticas culturais de sequeiro. Possíveis alternativas em Portugal*. Lisboa, MAPA, INIAER, Divulgação 32.

Arnon, I. (1972) - *Crop Production in Dry Regions. Vol. I - Background and Principles*. London, Leonard Hill Books.

Azevedo, Á. (1992) - Ensaio sobre o problema do estabelecimento de rotações. In: *Dia da Universidade*. Universidade de Évora, pp. 17-57.

Barralis, G.; Chadœuf & Dessaint, (1997) - Jachères annuelles. Quelles conséquences sur les flores adventices suivantes. *Perspectives Agricoles* 226: 40-43.

Beau, C.; Domange, A. & Vaute, G. (1991) - *Dossier desherbage en agriculture biologique*. Montfavet, Groupe de Recherches en Agriculture Biologique.

- Bhowmik, P. & Doll, J. (1982) - Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. *Agronomy Journal* 74: 601-606.
- Brown, P. & Mona, M. (1997) - Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing plants. *Advances in Agronomy* 61: 167-231.
- Carvalho, M. & Azevedo, Á. (1991) - *Rotação de Culturas. Texto de apoio para as disciplinas de Agricultura Geral e Máquinas Agrícolas I e II*. Évora, Universidade de Évora.
- Castro, C.; Coutinho, J.; Moreira, N.; Crespi, A. (2007) - Produção de trigo e triticale em rotações de sequeiro. *Revista de Ciências Agrárias* (submetido).
- Chan, K. & Heenan, D. (1993) - Effects of lupin on soil properties and wheat production. *Aust. J. Agric. Res.* 44, 1971-1984.
- Copeland, P. & Crookston, R. (1992) - Crop sequence affects nutrient composition of corn and soybean grown under high fertility. *Agronomy Journal* 84: 503-509.
- Davison, J. & Hackett, I. (s.d.) - Weed control without herbicides. University of Nevada, *Fact sheet* 87-42.
- Doyle, A.; Moore, K. & Herridge, D. (1988) - The narrow-leafed Lupin (*Lupinus angustifolius* L.) as a nitrogen-fixing rotation crop for cereal production. III. Residual effects of lupins on subsequent cereal crops. *Aust. J. Agric. Res.* 39: 1029-1037.
- Evans, J.; Fettel, N.; Coventry, D.; O'connor, G.; Walsgott, D.; Mahoney, J.; & Armstrong, E. (1991) - Wheat response after temperate crop legumes in south-eastern Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 42: 31-43.
- Fenster, C.; Burnside, O. & Wicks, G. (1965) - Chemical fallow studies in winter wheat fallow rotations in western nebraska. *Agronomy Journal* 5: 469-470.
- Fougeroux, A.; Desbureaux, J. & Girard, C. (1989) - Agronomical effects of spring peas in rotations. In: *Legumes in Farming Systems* (Ed. P. Planquaert e R. Hagggar). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 37-46.
- Gakale, L. & Clegg, M. (1987) - Nitrogen from soybean for dryland sorghum. *Agronomy Journal* 79: 1057-1061.
- Harris, W. (1963) - Effects of residue management, rotations and nitrogen fertilizer on small grain production in northw. Kansas. *Agronomy Journal* 3: 281-284.
- Heenan, D.; Taylor, A.; Cullis, B. & Lill, W. (1994) - Long term effects of rotation, tillage and stubble management on wheat production in southern N.S.W.. *Aust. J. Agric. Res.* 45: 93-117.
- Hobbs, J. (1971) - Yields and protein contents of crops in various rotations. *Agronomy Journal* 63: 832-836.
- Johnston, A.; Mcewen, J.; Lane, P.; Hewitt, M.; Poulton, P. & Yeoman, D. (1994) - Effects of one to six year old rye-grass-clover leys on soil nitrogen and on the subsequent yields and fertilizer nitrogen requirements of the arable winter wheat, potatoes, winter wheat, winter beans (*Vicia faba*) grown on a sandy loam soil. *Journal of Agricultural Science* 122: 73-89.
- Jones, A.; Skogley, E.; Meints, V. & Martin, J. (1981) - Nitrogen uptake by spring wheat, soil distribution, and recovery of N fertilizer from alternate crop-fallow and recrop field management systems. *Agronomy Journal* 73: 967-970.
- Karathanasis, A.; Johnson, V.; Peterson, G.; Sander, D. & Olson, R. (1980) - Relation of soil properties and other environmental factors to grain yield and quality of winter wheat grown at international sites. *Agronomy Journal* 72: 329-336.
- Karimian, N. & Razmi, K. (1990) - Influence of perennial plants on chemical properties of arid and calcareous soils in Iran. *Soil Science* 150: 717-721.
- Karlen, D.; Varvel, G.; Bullock, D. & Cruse, R. (1994) - Crop rotations for the 21st century. *Advances in Agronomy* 53: 1-45.
- Légère, A.; Samson, N.; Rioux, R.; Angers, D. & Simard, R. (1997) - Response of spring barley to crop rotation, conservation tillage, and weed management intensity. *Agronomy Journal* 89: 628-638.

- Liebman, M. & Dyck, E. (1993) - Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications* 3: 92-122.
- Liebman, M.; Drummond, T.; Corson, S. & Zhang, J. (1996) - Tillage and rotation crop effects on weed dynamics in potato production systems. *Agronomy Journal* 88: 18-26.
- Lockhart J. & Wiseman, A. (1988) - *Introduction to Crop Husbandry including grassland*. Oxford, Pergamon Press.
- López-Bellido, L.; Fuentes, M.; Castillo, J.; López-Garrido, F. & Fernández, E. (1996) - Long-term tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomy Journal* 88: 783-791.
- McWen, J.; Darby, R.; Hewitt, M. & Yeoman, D. (1989) - Effects of field beans, fallow, lupins, oats, oilseed rape, peas, ryegrass, sunflowers and wheat on nitrogen residues in the soil and on the growth of a subsequent wheat crop. *Journal of Agricultural Science* 115: 209-219.
- Mendes, J. (1987) - *Fertilização em Triticale, Centeio e Trigo. 3º relatório Anual de Progresso do Projecto nº6 do PDRITM*. UTAD, Vila Real.
- Papastilianou, I. (1987) - Effect of preceding legume or cereal on barley grain and nitrogen yield. *Journal of Agricultural Science* 108: 623-626.
- Portela, J.; Mendes, J. & Portela, E. (1986) - *Introdução de Inovações no Cultivo de Cereais em Trás-os-Montes: experimentação recorrente e sua avaliação técnica, económica e social*. JNICT/IUTAD, Vila Real.
- Porter, M.; Paulsen, G.; Feyerherm, A. & Milliken (1982) - Prediction of wheat grain protein content from climatic and edaphic variables. *Agronomy Journal* 74: 1029-1032.
- Powers, R. & Cleve, K. (1991) - Long-term ecological research in temperate and boreal forest ecosystems. *Agronomy Journal* 83: 11-24.
- Shanahan, J.; Anderson, R. & Greb, B. (1988) - Productivity and water use of proso millet grow under three crop rotations in the central great plains. *Agronomy Journal* 80: 487-492.
- Triplett, G. & Worsham, A. (1986) - Principles of weed management with surface-tillage systems. In: *No-tillage and surface-tillage agriculture* (Ed. M. A. Sprague e G. B. Triplett). New York, John Wiley & Sons, pp. 319-346.
- Tucker, B.; Cox, M. & Eck, H. (1971) - Effect of rotations, tillage methods and N fertilization on winter wheat production. *Agronomy Journal* 63: 699-702.
- Unger, P.; Langdale, G. & Papendick, R. (1988) - Role of crop residues - improving water conservation and use. In: *Cropping strategies for efficient use of water and nitrogen* (Ed. W. C. Hargrove). Madison, pp. 69-100.
- Young, F.; Ogg, A.; Papendick, R.; Thill, D. & Alldredge, J. (1994) - Tillage and weed management affects winter wheat yield in an integrated pest management system. *Agronomy Journal* 86: 147-154.
- Weston, L. (1996) - Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal* 88: 860-866.
- Zadoks, J. (1993) - Crop protection: why and how. In: *Crop Protection and Sustainable Agriculture* (Ed. D. J. Chadwick e J. Marsh). Chichester, John Wiley & Sons, pp. 48-60.