

## **AGRADECIMENTOS**

O autor agradece:

Ao Professor Ricardo Freixial por me ter aceitado como seu orientando e por ter, desde o primeiro minuto, mostrado disponibilidade em me ajudar a concluir o trabalho. Foi e será uma referência como agrónomo contribuindo para a paixão pela agricultura com que acabo esta passagem.

Ao Professor Mário de Carvalho que desempenhou um papel fundamental no planeamento, delineamento e interpretação dos resultados contribuindo não só para o trabalho mas também para a minha evolução como Agrónomo.

À Eng<sup>a</sup> Filipa Santos, ao Técnico Agrário Manuel Figo e ao colega Joaquim Murteira Correia pelo apoio que prestaram na realização dos ensaios, colheitas de amostras e organização de resultados, apoio fundamental para o cumprimento dos prazos estabelecidos.

Ao Engenheiro Nuno Marques por ter disponibilizado o local e meios para a realização do ensaio.

Aos meus Pais, Irmã e Família por me darem os meios e apoio para estar hoje a concluir a minha dissertação de mestrado.

Aos amigos e amigas que me acompanharam durante estes anos de curso, e aos que conheci durante o mesmo, que não só me apoiaram mas também ajudaram com algumas opiniões, críticas e experiencias que enriqueceram todo este percurso.

E por último, mas sempre em primeiro, à Inês por ter tornado estes dois anos bem mais especiais.

## RESUMO

Com o objectivo de estudar uma possível optimização da adubação mineral de trigo mole e sua interacção com estrume, foi desenvolvido um ensaio onde, numa área com trigo mole, regado e em sementeira directa, se interagiram os 3 macronutrientes principais, com 3 níveis de estrume.

Para esta interacção foram analisados vários parâmetros que resultaram em 3 parâmetros principais, produção de grão, de palha e também as extracções totais de N, P, K da cultura.

De acordo com os resultados obtidos pôde-se verificar que a aplicação de estrume não revelou efeitos positivos na produção de grão/palha do trigo. A elevada fertilidade do solo em sementeira directa ofereceu à cultura uma base sustentável para o seu desenvolvimento sem que seja necessária a adubação mineral actualmente padronizada. Por fim foi evidente a importância da antecipação da 1ª cobertura realizada no trigo para o estado de afilhamento, factor que contribuiu significativamente para o sucesso da cultura.

**Palavras-chave:** Trigo, Agricultura de Conservação, Sementeira Directa, Macronutrientes, Fertilização

# Optimization of mineral fertilizer in irrigated wheat and its interaction with the level of manure

## ABSTRACT

With the aim of studying the optimization of mineral fertilization of common wheat and their interaction with manure, it was developed a study where in an area with soft wheat, watered and with no tillage, we interacted 3 main macronutrients and 3 manure levels.

To this interaction were analyzed several parameters that resulted in three major parameters, production of grain and straw and also the total extraction of N, P, K culture.

According to the results it was observed that the application of manure did not show positive effects in the production of grain / wheat straw. The high soil fertility on direct seeding culture offered a sustainable base for its development without requiring high fertilization. Finally it was evident the importance of the anticipation of the 1st cover held in wheat, a factor that contributed significantly to the success of the crop.

**Keywords:** Wheat, Conservation Agriculture, Direct Seeding, Macronutrients, Fertilization

# Índice

Índice de Quadros e Figuras .....	8
Lista de Abreviaturas .....	12
1. Introdução .....	13
2. Revisão Bibliográfica .....	18
2.1. O trigo.....	18
2.1.1. História do trigo.....	18
2.1.2. A cultura do trigo na agricultura portuguesa .....	21
2.1.3. Intensificação da produção e seus efeitos .....	25
2.2. A Mobilização de solo .....	29
2.2.1. A agricultura convencional com recurso à mobilização de solo .....	31
2.3. A Produção de Trigo em Agricultura de Conversação .....	34
2.3.1. Agricultura de Conservação .....	34
2.3.2. A Sementeira directa e a agricultura de conservação.....	37
2.3.3. Trigo em Sementeira Directa .....	40
2.4. A Fertilização do Trigo .....	45
2.4.1. A importância da Fertilização .....	45
2.4.2. Fertilização no Trigo .....	48
2.4.3. Azoto .....	49
2.4.4. A influência do Azoto e da sua aplicação fraccionada na produção do Trigo.....	50
2.4.5. Fósforo .....	51
2.4.6. Potássio.....	53
2.4.7. Eficiência da aplicação de fertilizantes .....	54
2.4.8. A fertilização em Sementeira Directa e Agricultura de Conservação.....	56
2.4.9. Aplicação de Resíduos Animais nas culturas .....	63
2.4.10 Aplicação de Resíduos Animais em AC/SD.....	65
3. Material e Métodos .....	67
3.1. Localização .....	67
3.2. CARACTERIZAÇÃO Edafo-Climática .....	68
3.2.1 Caracterização do Solo .....	68
3.2.2 Caracterização Climática.....	69
3.3. Objectivo e Potencial do Estudo.....	71
3.4. Técnica Cultural .....	72

<b>3.5. Ensaios Realizados .....</b>	<b>73</b>
<b>3.5.1. Delineamento experimental dos Ensaios.....</b>	<b>73</b>
<b>3.5.2. Azoto.....</b>	<b>75</b>
<b>3.5.3. Fósforo .....</b>	<b>75</b>
<b>3.5.4. Potássio.....</b>	<b>76</b>
<b>3.5.5. Azoto Suplementar.....</b>	<b>76</b>
<b>3.5.6. Instalação do Ensaio.....</b>	<b>77</b>
<b>3.5.7. Análise de Solo.....</b>	<b>79</b>
<b>3.5.8. Análise de Estrume .....</b>	<b>79</b>
<b>3.5.9. Recolhas de Amostras/ Colheita .....</b>	<b>80</b>
<b>3.6. Parâmetros Medidos e Analisados .....</b>	<b>81</b>
<b>3.6.1. Estratégia de Amostragem.....</b>	<b>81</b>
<b>3.6.2. Recolha de Plantas .....</b>	<b>81</b>
<b>3.6.3. Número de espigas .....</b>	<b>81</b>
<b>3.6.4. Peso do Grão e da Palha (g) .....</b>	<b>82</b>
<b>3.6.5. Índice de Colheita.....</b>	<b>82</b>
<b>3.6.6. Nº Grãos/espiga.....</b>	<b>82</b>
<b>3.6.7. Peso de mil grãos (g).....</b>	<b>82</b>
<b>3.6.8. Organização dos dados recolhidos .....</b>	<b>83</b>
<b>3.6.9. Teor de N, P e K da palha e do grão .....</b>	<b>83</b>
<b>3.6.10. Produção de grão por hectare.....</b>	<b>84</b>
<b>3.7. Tratamento estatístico.....</b>	<b>85</b>
<b>3.8. Cronograma do Ensaio .....</b>	<b>85</b>
<b>4. Apresentação e Discussão de resultados.....</b>	<b>86</b>
<b>4.1. Número de espigas por m<sup>2</sup> .....</b>	<b>86</b>
<b>4.1.1. Azoto.....</b>	<b>86</b>
<b>4.1.2. Potássio.....</b>	<b>87</b>
<b>4.1.3. Fósforo .....</b>	<b>87</b>
<b>4.2. Número de grão por espiga .....</b>	<b>88</b>
<b>4.2.1. Azoto.....</b>	<b>88</b>
<b>4.2.2. Potássio.....</b>	<b>88</b>
<b>4.2.3. Fósforo .....</b>	<b>89</b>
<b>4.3. Número de grãos por m<sup>2</sup> .....</b>	<b>89</b>
<b>4.3.1. Azoto.....</b>	<b>89</b>

4.3.2. Potássio.....	90
4.3.3. Fósforo .....	90
4.4. Peso de mil grãos (G).....	91
4.4.1. Azoto .....	91
4.4.2. Potássio.....	91
4.4.3. Fósforo .....	92
4.5. Índice de colheita.....	92
4.5.1. Azoto .....	92
4.5.2. Potássio.....	93
4.5.3. Fósforo .....	93
4.6. Produção de grão (kg/ha) .....	94
4.6.1. Azoto.....	94
4.6.2. Potássio.....	94
4.6.3. Fósforo .....	95
4.7. Produção de palha (kg/ha).....	96
4.7.1. Azoto .....	96
4.7.2. Potássio.....	96
4.7.3. Fósforo .....	97
4.8. Extracção de P da palha.....	97
4.8.1. Azoto .....	97
4.8.2. Potássio.....	98
4.8.3. Fósforo .....	98
4.9. Extracção de K da palha .....	99
4.9.1. Azoto .....	99
4.9.2. Potássio.....	99
4.9.3. Fósforo .....	100
4.10. Extracção de N da palha .....	100
4.10.1. Azoto.....	100
4.10.2. Potássio.....	101
4.10.3. Fósforo .....	102
4.11. Extracção de P do grão .....	102
4.11.1. Azoto.....	102
4.11.2. Potássio.....	103
4.11.3. Fósforo .....	103

4.12. Extracção de K do grão.....	104
4.12.1. Azoto.....	104
4.12.2. Potássio.....	105
4.12.3. Fósforo .....	105
4.13. Extracção de N do Grão .....	106
4.13.1. Azoto.....	106
4.13.2. Potássio.....	107
4.13.3. Fósforo .....	107
4.14. Extracção total de P.....	108
4.14.1. Azoto.....	108
4.14.2. Potássio.....	108
4.14.3. Fósforo .....	109
4.15. Extracção total de K .....	109
4.15.1. Azoto.....	109
4.15.2. Potássio.....	110
4.15.3. Fósforo .....	110
4.16. Extracção total de N .....	111
4.16.1. Azoto.....	111
4.16.2. Potássio.....	111
4.16.3. Fósforo .....	112
4.17. Relação entre a produção e os seus componentes .....	113
4.17.1 Relação entre a produção de trigo (kg/ha) e o número de grãos/m2. ....	113
4.17.2 Relação entre a produção de trigo (kg/ha) e o peso de mil grãos. ....	114
4.17.3 Relação entre a produção de trigo e o número de espigas por unidade de área. ....	115
4.17.4 Relação entre a produção de trigo (kg/ha) e o número de grãos por espiga. ....	116
4.17.5 Relação entre o número de espigas e o número de grãos por unidade de área. .	117
4.17.6 Relação entre o número grãos por espiga e o número de grãos por unidade de área.....	118
4.18 Discussão de Resultados .....	119
5. Considerações Finais.....	121
6. Referencias Bibliográficas .....	125

# Índice de Quadros e Figuras

## Figuras:

Figura 1 - Relação entre a precipitação de Inverno e aplicação da primeira adubação azotada de cobertura no aumento na produção de trigo .....	50
Figura 2- Precipitação (mm) Évora - 1981 - 2010 .....	69
Figura 3 - Temperatura do ar (°C) Évora 1981 – 2010.....	70
Figura 4 - Esquema com o delineamento do Ensaio .....	74
Figura 5 - Marcação dos talhões na área reservada para o Ensaio .....	77
Figura 6 - Sementeira dos talhões do Ensaio com o semeador de Sementeira Directa .....	78
Figura 7 - Operação de ceifa e debulha do trigo nos talhões do Ensaio .....	80
Figura 8 – Relação entre a produção de trigo e o número de grãos/m <sup>2</sup> .....	113
Figura 9 - Relação entre a produção de trigo (kg/ha) e o peso de mil grãos (g) .....	114
Figura 10 - Relação entre a produção de trigo e o número de espigas por m <sup>2</sup> .....	115
Figura 11 - Relação entre a produção de trigo e o número de grãos por espiga.....	116
Figura 12 - Relação entre o número de espigas e o numero de grãos por m <sup>2</sup> .....	117
Figura 13 - Relação entre o número de grãos por espiga e o número de grãos por m <sup>2</sup> .....	118

## Quadros:

Quadro 1- Balanços de aprovisionamento de cereais nos anos 2010 a 2013 .....	22
Quadro 2 - Níveis de produção e consumo de trigo mole em Portugal de 1992 a 2002 .....	24
Quadro 3 - Algumas das características da superfície agrícola portuguesa (5400000 ha) .....	26
Quadro 4- Fases de Transição para AC/SD Fonte: (Carvalho & Freixial, 2013).....	57
Quadro 5 – Dados climatológicos do ano agrícola 2013/2014.....	70
Quadro 6 – Resultados da análise de terra realizada.....	79
Quadro 7 - Resultados da análise de Macro e Micronutrientes realizada ao estrume .....	79
Quadro 8 - Organização dos dados recolhidos e tratados na primeira amostragem .....	83
Quadro 9 - Quadros com os códigos criados para as amostras preparadas para análise laboratorial .....	83
Quadro 10 - Cronograma do Ensaio realizado.....	85
Quadro 11 – Interacção quantidade de azoto x nível de estrume para a produção de espigas (numero de espigas/m <sup>2</sup> ).....	86
Quadro 12 – Interacção entre a quantidade de Potássio x nível de estrume para a produção do numero de espigas m <sup>2</sup> .....	87
Quadro 13 – Interacção entre a quantidade de Fósforo x nível de estrume para a produção de espigas por m <sup>2</sup> .....	87



Quadro 14 – Interacção Quantidade de N x nível de estrume para o número de grãos por espiga .....	88
Quadro 15 – Interacção Quantidade de K x nível de estrume para o número de grãos por espiga .....	88
Quadro 16 - Interacção Quantidade de Fósforo x Nível de Estrume para o número de grãos por espiga .....	89
Quadro 17 – Interacção quantidade de N x nível de estrume para o numero de grãos por m2 .....	89
Quadro 18 - Interacção Quantidade K x Nível Estrume para o numero de grãos por m2.....	90
Quadro 19 - Interacção Quantidade de P x nível de Estrume .....	90
Quadro 20 - Interacção Quantidade de N x nível de estrume para p peso de mil grãos (g) ....	91
Quadro 21 - Interacção Quantidade de K x Nível de Estrume para o peso de mil grãos (g) ...	91
Quadro 22 - Interacção Quantidade P x Nível de Estrume para o peso de mil grãos (g).....	92
Quadro 23 - Interacção entre a Quantidade de N x Nível de Estrume para o índice de colheita .....	92
Quadro 24 - Interacção entre a Quantidade de K x Nível de Estrume para o índice de colheita .....	93
Quadro 25 - Interacção Quantidade de Fósforo x Nível de Estrume para o índice de colheita .....	93
Quadro 26 - Interacção Quantidade de Azoto x Nível de Estrume para a produção de grão (kg/ha).....	94
Quadro 27 - Interacção Quantidade K x Nível Estrume para a produção de grão (kg/ha).....	94
Quadro 28 - Interacção Quantidade de Fósforo x Nível de Estrume para a produção de grão (kg/ha).....	95
Quadro 29 - Interacção Quantidade de Azoto x Nível de Estrume para a produção de palha (kg/ha).....	96
Quadro 30 - Interacção Quantidade de K x Nível de Estrume para a produção de palha (kg/ha) .....	96
Quadro 31 - Interacção Quantidade de P x Nível de Estrume para a produção de palha (kg/ha) .....	97
Quadro 32 - Efeito do Azoto e Interacção Quantidade de N x Nível de Estrume na extracção de Fósforo da palha do trigo (kg/ha) .....	97
Quadro 33 - Extracção de Fosforo da Palha (kg/ha) a partir da Interacção Quantidade de K x Toneladas de Estrume.....	98
Quadro 34 - Interacção Quantidade de P x Nível de Estrume para a extracção de Fósforo da palha (kg/ha) .....	98
Quadro 35 – Interacção Nível de Azoto x Nível de estrume para a extracção (kg/ha) de k da palha .....	99
Quadro 36 - Interacção Nível de K x Nível de Estrume para a extracção de Potássio da palha (kg/ha).....	99

Quadro 37 - Interação Quantidade de P x Nível de estrume na extração de Fósforo da palha de trigo (kg/ha).....	100
Quadro 38 - Interação Quantidade de N x Nível de estrume na extração de N da palha (kg/ha).....	100
Quadro 39 – Interação Quantidade de K x Nível de Estrume na extração de N da palha (kg/ha).....	101
Quadro 40 – Interação Quantidade de P x Nível de estrume aplicado para a extração de N da palha do trigo (kg/ha) .....	102
Quadro 41 – Interação Quantidade N x Nível de Estrume para a extração de Fósforo do grão (kg/ha).....	102
Quadro 42 - Interação Quantidade de Potássio x Nível de Estrume para a extração de Fósforo do grão (kg/ha).....	103
Quadro 43 – Interação Quantidade de P x Nível de Estrume para a extração de Fósforo do Grão (kg/ha) .....	104
Quadro 44 – Interação Quantidade de Azoto x Quantidade de Estrume para a extração de Potássio do grão (kg/ha) .....	104
Quadro 45 – Interação quantidade de k x nível de estrume para a extração de Potássio (kg/ha) do grão de trigo.....	105
Quadro 46 – Interação Quantidade de Fósforo x Nível de Estrume na extração de Potássio do grão (kg/ha).....	105
Quadro 47 – Interação Quantidade de N x Nível de Estrume para a extração de N do grão (kg/ha).....	106
Quadro 48 – Interação Quantidade de k x Nível de Estrume para a extração de N do grão (kg/ha).....	107
Quadro 49 – Interação Quantidade de P x Nível de Estrume para a extração de N do trigo (kg/ha).....	107
Quadro 50 – Interação Quantidade N x Nível de Estrume para a extração total de Fósforo (kg/ha).....	108
Quadro 51 – Interação Quantidade de k x Nível de Estrume para a extração total de P (kg/ha).....	108
Quadro 52 – Interação Quantidade de P x Nível de Estrume para a extração total de P (kg/ha).....	109
Quadro 53 – Interação Quantidade N x Nível de Estrume para a extração total de Potássio (kg/ha).....	109
Quadro 54 – Interação Quantidade de k x Nível de Estrume para a extração total de Potássio (kg/ha) .....	110
Quadro 55 – Interação Quantidade de k x Nível de Estrume para a extração total de Potássio (kg/ha) .....	110
Quadro 56 – Interação Quantidade N x Nível de Estrume para a extração total de Fósforo (kg/ha).....	111

<b>Quadro 57 – Interacção Quantidade de k x Nível de Estrume para a extracção total de Azoto (kg/ha).....</b>	<b>111</b>
<b>Quadro 58 – Interacção Quantidade de P x Nível de Estrume para a extracção total de Azoto (kg/ha).....</b>	<b>112</b>

## **Lista de Abreviaturas**

**AC:** Agricultura de Conservação

**SD:** Sementeira Directa

**N:** Azoto

**P:** Fósforo

**K:** Potássio

**ha:** hectare

**IC:** Índice de Colheita

# 1. Introdução

Numa época onde a população mundial sofre constantes alterações, será importante ter conhecimento que as previsões para 2050 apontam para 9 bilhões de pessoas a habitar o planeta, contra os cerca de 7 bilhões actuais (FAO 2013). Será entretanto, também importante, referir que para uma sociedade em evolução no conhecimento e no modo de vida, a degradação dos recursos naturais tais como a água e o solo e as alterações climáticas são preocupações que deverão estar cada vez mais em primeiro lugar para o homem.

Assim, neste contexto subjacente, muitos investigadores se têm questionado sobre o futuro da população humana, e para compreender qual o futuro da população, será necessário perceber antes, qual o futuro da agricultura mundial e da disponibilidade de alimentos nas próximas décadas. A inovação e o progresso na agricultura trouxeram novos métodos produtivos, maiores produções unitárias, as mobilizações tornaram-se uma componente produtiva importantíssima no sistema e os fertilizantes químicos e herbicidas permitiram aos agricultores dar um passo em frente e atingir aumentos significativos nas produtividades das culturas. No entanto, todo este progresso e todas estas mudanças trouxeram graves problemas, além de não serem sustentáveis numa perspectiva futura. Ou seja, ainda que até agora a agricultura mundial tenha sido capaz de atender à crescente necessidade de produtos agrícolas, a segurança alimentar é mais do que apenas a garantia de que haverá o que comer e deverá garantir o acesso a alimentos a preços acessíveis, seguros e nutritivos, não só hoje mas também "amanhã". Entretanto, o aumento da produção agrícola acompanhado do aumento da erosão e da degradação dos solos, bem como, um aumento da poluição não só associada a práticas agrícolas mas também à síntese de matérias-primas, tem levado a grandes alterações do agro-ecossistema.

De acordo com Freixial (2010), a intensificação da actividade agrícola, sempre com o recurso à mobilização intensa e profunda do solo, provocou o aumento da erosão, degradou as suas características físicas, químicas e biológicas, reduziu a sua fertilidade o que associado a uma elevada pressão na utilização de fertilizantes e pesticidas, teve um impacto ambiental negativo, com prejuízo na qualidade do ar e da água e sempre com uma baixa eficiência energética e na utilização de outros recursos. Durante os últimos 40 anos,

30% dos solos destinados à agricultura (1.5 biliões ha) foram abandonados devido à erosão e à sua degradação, sendo perdidos para a agricultura anualmente cerca de 2 milhões de hectares entre outras causas devido à severa degradação dos solos.

Este problema é mundial e Portugal não é excepção, podendo-se observar um crescente abandono do interior após certas áreas terem sofrido quebras na produtividade das culturas. De facto, de acordo com Carvalho (2011), a generalidade da superfície agrícola nacional é composta por solos pouco férteis e instáveis do ponto de vista estrutural, o que agrava os problemas de encharcamento, erosão e secura. Os solos com elevada capacidade de troca catiónica, parâmetro relacionado com a sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas, representam apenas 4,2% da nossa superfície agrícola e nos restantes solos a sua fertilidade está normalmente dependente do seu teor em matéria orgânica, mas mais de 70% dos nossos solos apresentam um teor de matéria orgânica muito baixo. Por outro lado, ainda segundo Carvalho (2011), a acidez dos solos portugueses é generalizada, o que dificulta também a absorção de alguns dos nutrientes mais importantes para as culturas e, em muitos casos, permite o aparecimento de toxicidades de outros elementos como o alumínio e o manganês.

Ainda segundo Carvalho (2011), Portugal enfrenta um sério risco de desertificação que resulta de causas ambientais (clima e solos), tecnológicas (sistemas de culturas que degradam e não protegem o solo) e estruturais (dimensão média das explorações, idade e preparação dos agricultores, ausência de uma política de investigação e extensão, ausência de políticas agrícolas sectoriais e estáveis a médio prazo). Este risco é acrescido por factores como as alterações climáticas, o previsível aumento dos custos dos factores de produção agrícolas (muito baseados no custo da energia) e a competição internacional de regiões do mundo com melhores condições ambientais e estruturais.

O trigo, *triticum spp*, é um dos cereais mais importante no mundo, proporcionando há séculos fibras, proteínas e calorias para as populações, sendo de facto um dos cereais mais produzidos mundialmente, possuindo actualmente devido ao trabalho de selecção e melhoramento, uma variabilidade genética que proporciona uma ampla adaptação do ponto de vista edafo-climático. É uma espécie com um interesse relevante para o estabelecimento de rotações agronomicamente coerentes e enquanto cultura arvense ocupa áreas significativas do território contribuindo assim para a manutenção da biodiversidade e harmonia da paisagem para além do papel de dinamização económica

que a actividade produtiva provoca a montante e a jusante da actividade nas regiões com aptidão para a sua produção com impacto na economia regional e do país, tanto mais que Portugal é um importador deste cereal, assegurando a produção nacional apenas uma escassa percentagem das necessidades de consumo.

A aptidão e a qualidade para a panificação do trigo mole, *triticum aestivum*, e as suas características de armazenamento, contribuíram quando juntas, para o tornar num cereal de preferência no país. Ao longo do tempo no entanto e sobretudo a partir da década de oitenta do século passado, a produção cerealífera em Portugal, nomeadamente a da cultura do trigo mole, tem vindo a diminuir, não obstante tratar-se de uma cultura com interesse para a sustentabilidade agronómica, ambiental, económica e até social dos sistemas agro-pecuários também nas regiões de características Mediterrâneas. Esta diminuição de áreas de produção estará associada entre outras razões a conjunturas de política económica determinadas pela Política Agrícola Comum (PAC) e outras, bem como aos sistemas agrícolas praticados até à actualidade, insustentáveis agronomicamente ao nível da estrutura e da fertilidade do solo, e ambiental e economicamente com o elevado recurso à utilização dos combustíveis, herbicidas e fertilizantes e ao aumento de preço destes e outros factores de produção. Se de acordo com Carvalho (2011), a desertificação pode ser entendida como a perda da capacidade produtiva dos ecossistemas de uma região, ou no seu sentido mais lato, como o despovoamento, se uma determinada região pode deixar de ser atractiva para os seus habitantes devido para além das causas ambientais, a razões económicas e sociais, então as alternativas para a garantia da já mencionada segurança alimentar para uma população crescente, produção de trigo incluída, passarão no futuro pelo adoptar de sistemas e técnicas de produção sustentáveis que permitam o assegurar da reversibilidade possível da situação actual.

Segundo Zalidis et al. (2002), a mobilização é um dos grandes factores impulsionadores entre outros, da erosão e da perda de fertilidade dos solos e a fertilização química uma das grandes causas da poluição de reservas de água, quer subterrâneas quer à superfície. A Agricultura de Conservação (AC) procura manter ou melhorar a fertilidade do solo de forma que as gerações futuras possam obter produtividades iguais ou superiores às que se obtinham no modo convencional, melhorando a sua qualidade de vida. Pretende alterar o sistema convencional e começar a produzir com uma vertente agro-ambiental, compatibilizando a produção agrícola com a prevenção ecológica e

produzindo com estratégias e equipamentos, preparados para trabalhar sem que o sistema solo/água/natureza seja prejudicado. Tem como objectivo a recuperação da fertilidade do solo através da melhoria das suas características físicas (erosão e manutenção ou melhoria da estrutura), químicas (elevação do teor de matéria orgânica) e biológicas (criação e manutenção de condições favoráveis para os organismos do solo). Pretende-se a recuperação da fertilidade dos solos degradados e prejudicados na sua estrutura através da Agricultura de Conservação, adoptando as práticas fundamentais para o sistema como a sementeira directa, a manutenção de resíduos à superfície e a rotação de culturas, para além de outros princípios e praticas acessórias

Este sistema assenta em três pilares fundamentais sendo a Sementeira Directa (SD) e a manutenção no solo de resíduos orgânicos das culturas, dois deles e a rotação de culturas o terceiro.

A Sementeira Directa é uma técnica que se baseia na introdução de sementes no solo, sem ser mobilizado, abrindo apenas uma fenda estreita de largura e profundidade suficientes para proporcionar a deposição e uma cobertura adequada às sementes. A SD tem um grande potencial de aumento no teor da matéria orgânica (M.O.) do solo e consequentemente no sequestro de carbono, mantendo uma boa estrutura e sanidade do solo quando comparado este com mobilizações profundas e intensa (Derpsch et al. 2010).

A aplicação e a incorporação de resíduos orgânicos das culturas no solo, são praticadas há séculos. Adicionar matéria orgânica ao solo, como o estrume, permite aumentar a concentração de carbono no solo e também aumentar a eficiência das aplicações de fertilizantes. Para Blair (2006), a incorporação de resíduos orgânicos permite directa e indirectamente aumentar o teor de matéria orgânica do solo contribuindo assim para o aumento de fertilidade, para o ciclo de nutrientes e também para a melhoria da estrutura do solo.

Se em agricultura convencional com o recurso á mobilização do solo para a instalação das culturas, a fertilização química e orgânica do trigo está amplamente estudada e os seus resultados conhecidos e divulgados em Sementeira Directa e em Agricultura de Conservação, a fertilização química e sobretudo a orgânica (incluindo nesta a aplicação de estrumes) carece de resultados aplicáveis devidamente fundamentados, pelo que o seu estudo poderá no futuro revelar-se de bastante vantajoso. Os agricultores



poderão estar perante uma relação vantajosa entre os resíduos poluentes das suas explorações e o sistema do solo, tendo uma alternativa ecológica para a reutilização dos dejectos excedentes das suas actividades pecuárias. Assim, poderão com a Sementeira Directa e a Agricultura de Conservação reutilizar o estrume, enriquecer o solo com nutrientes reciclando e permitindo a activação do ciclo de nutrientes do mesmo, com uma redução significativa na utilização de fertilizantes químicos.

Neste o contexto, justificar-se-á o estudo acerca da optimização da adubação mineral em trigo mole regado bem como a sua interacção com o nível de estrumação, não só pela reutilização dos excedentes orgânicos das explorações pecuárias (redução da poluição), como também pela contribuição para a melhoria da fertilidade dos solos e consequente melhoria na eficiência de utilização dos factores daí derivada, com sustentabilidade não só ambiental mas também económica, através do aumento da produtividade e simultaneamente da redução das despesas.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. O trigo

#### 2.1.1. História do trigo

O trigo, *triticum spp*, é uma das culturas mais antigas no mundo, existindo duas teorias sobre a sua origem em duas zonas distintas. Uma das teorias situa as primeiras plantas de trigo com origem na China, enquanto outra indica o Médio Oriente como sendo a zona originária da cultura.

O trigo apresenta características que o tornam um dos cereais de topo a nível mundial tendo, Braun et. al. (1996), referido o trigo como um dos grandes milagres do século XX.

Como matéria-prima para alimentos, o trigo oferece energia bem como proteínas, sais minerais, fibras e vitaminas, sendo um cereal de topo com o seu elevado nível de proteínas e calorias para oferecer à dieta humana (Braun et al. 1996). A multiplicidade de aptidão, o seu potencial produtivo, as qualidades de conservação, o valor alimentar do grão e o sabor do pão, são algumas das características do cereal, referidas por Sampaio (1990), que o tornam um dos mais produzidos a nível mundial.

A produção ancestral de trigo teve, a nível civilizacional, como um dos grandes feitos, criar e aumentar zonas populacionais desde a sua domesticação, uma vez que as civilizações se estabeleceram em zonas onde a produção do cereal era permitida e favorecida. Os primeiros povos a domesticar o cereal não só aproveitaram os seus benefícios alimentares como também utilizavam a palha do trigo como matéria-prima para utilidades várias, das quais é exemplo o fabrico de telhados, prática que foi mantida até ao século XIX (Belderok, 2000).

Quando comparado com outros cereais, o trigo possui características únicas pois apresenta no seu núcleo proteína de glúten o que combinado com outras características o torna num cereal com várias funções e utilidades (Braun et al. 1996). A importância do Trigo ao longo das civilizações é tal, que a Organização para a Agricultura e para a

Alimentação das Nações Unidas (FAO) adoptou uma espiga de trigo como símbolo colocado por cima da sua inscrição em latim.

As primeiras produções do cereal eram totalmente realizadas manualmente sem recurso e nenhuma alfaia e apenas com utensílios para trabalho manual. Um dos primeiros grandes avanços na produção do cereal foi a utilização de animais para operar com alfaias o que aumentou significativamente as áreas de produção de trigo na época, tendo a cultura do cereal permanecido assim ao longo dos séculos, acompanhando a evolução do homem.

No início do século XIX, registou-se um aumento da população mundial que influenciou directamente as necessidades alimentares. Ao mesmo tempo que se deu este aumento, observou-se também o fenómeno da industrialização que alterou radicalmente a agricultura. Com a industrialização e o aparecimento de veículos motorizados, como os primeiros veículos a vapor, capazes de operar com alfaias de grandes dimensões, foi possível atingir um aumento nas áreas de produção do cereal.

Foi entretanto no século XX que a agricultura nomeadamente, a cultura do trigo, sofreu as maiores alterações com o aparecimento de novas tecnologias, a evolução na mecanização, a utilização dos adubos químicos e adopção de estratégias de produção que permitiram um aumento substancial da produção de trigo sem aumentar as áreas de produção. A investigação na selecção e no melhoramento genético foi a principal evolução que permitiu obter cultivares de trigo que continham condições de multiplicação, propagação e desenvolvimento melhoradas permitindo aos agricultores aumentar a produtividade do trigo (Braun et al. 1996). Essas novas variedades tinham como característica uma resposta mais eficiente à aplicação de fertilizantes e à rega, e também apresentavam uma maturação mais precoce permitindo uma melhor resposta face aos factores climáticos limitantes como o clima.

Com o desenvolvimento de novas variedades de alto rendimento que respondiam de uma forma mais eficiente a estratégias culturais melhoradas, a produção de trigo aumentou 100 milhões de toneladas por década desde 1960, havendo segundo Braun et al. (1996), vários exemplos que suportam a importância da variabilidade genética e o papel que esta desempenhou no melhoramento do trigo. O restante aumento de produção, a partir da década de 1960, deve-se a práticas tais como a mobilização, a fertilização, o controlo na produção de sementes e também a disponibilidade de água para a cultura. Este argumento

permite-nos entender até que ponto as novas tecnologias e o desenvolvimento e melhoramento da agricultura podem resultar num aumento das produtividades. Dados da FAO (2013), permitem-nos verificar que desde 1960 e ao longo de décadas a produção de trigo tem aumentado substancialmente, sendo no entanto, necessário referir que este aumento de produção pode ter sido acompanhado com consequências negativas devido à intensidade de produção que originou a erosão dos solos e o conseqüente decréscimo da sua fertilidade.

A utilização indiscriminada de fertilizantes e outros químicos pode levar a uma poluição do ar, da água e dos solos, pondo em risco os ecossistemas terrestre e marinho bem como a saúde humana. A agricultura feita da forma convencional com o recurso á mobilização intensa e profunda do solo, tem sido apontada como sendo a principal fonte de poluição por nitrato de amónia seja no solo ou na água e também é o principal contribuinte para a poluição das reservas de água com fosfatos. Ainda segundo a FAO (2013), o sector agrícola é responsável pela emissão de 30% de gases de efeito de estufa para a atmosfera.

Nas últimas décadas as novas tecnologias tem invadido a agricultura inclusive a cultura do trigo onde hoje em dia, praticamente todos os seus factores de produção podem ser controlados para que a produtividade das culturas aumente melhorando assim a sua rentabilidade.

Ainda que o trigo continue a ser uma das culturas mais produzidas no mundo, persiste no entanto, a ideia de que a sua produção não será suficiente no futuro, uma vez que o constante aumento da população mundial irá originar graves deficiências de alimentação caso não sejam encontradas alternativas. A este respeito Malingreau et al. (2012), demonstram que em 2050 a população mundial aumentará para cerca de 9 biliões, pelo que a procura de alimentos, rações e fibras será quase o dobro da actual, ao mesmo tempo que, cada vez mais, as culturas podem também ser utilizadas para a fins energéticos e outros fins industriais. Ou seja, o crescente aumento de produtos agrícolas tradicionais, pode assim, colocar uma pressão ainda maior sobre os já escassos recursos agrícolas.

Directa e indirectamente a produção de trigo tem uma influência importante, quer na satisfação das necessidades relacionadas com o aumento da procura de alimentos, quer

no combate á desertificação e ao abandono e degradação de solos agrícolas. O trigo como um dos cereais mais importantes a nível mundial desempenha a função de manter o equilíbrio produtivo de cereais uma vez que a sua produção é totalmente direccionada para a indústria alimentar. A manutenção ou eventualmente o aumento da produção e da produtividade da cultura do trigo, permitirá encontrar mais alternativas para o futuro próximo de uma população mundial crescente, com hábitos alimentares mais exigentes, e com recursos que podem ser escassos ao nível da produção de alimentos. De acordo com os autores Pinstруп-andersen e Pandya-lorch (1999), na previsão global de 1995 a 2020, o aumento na procura de carne será de 58% até 313 milhões de toneladas e ainda de acordo com a mesma fonte, o aumento da procura de cereais de 1995 a 2020 será de 39%, até 2466 milhões de toneladas.

Acresce ainda que para além da sua importância alimentar, o trigo é uma cultura importante ainda do ponto de vista agronómico para além de ocupar território, dinamizar economias regionais, e estrategicamente contribuir para a balança de produtos alimentares. O trigo torna-se uma cultura incontornável em diversos sistemas, tanto mais, que em determinados contextos a sua agricultura é protegida e reservada, não só em função do valor económico da produção, mas também por motivos de natureza cultural ou simplesmente pelas amenidades que assegura, desde logo as paisagens com os seus significados estéticos, culturais e ambientais.

### **2.1.2. A cultura do trigo na agricultura portuguesa**

O sistema comercial nacional apresenta saldo negativo no sector agro-alimentar, que se vai agravando de ano para ano. As importações de produtos da agricultura e agro-alimentares atingiram em 2013 um valor de 7,2 mil milhões de euros, o que correspondeu a um acréscimo de 5,6% face ao ano anterior (+382 milhões de euros). As exportações aumentaram 11,0% em relação a 2012, totalizando 3,5 mil milhões de euros (+343 milhões de euros). Deste modo, no ano de 2013 o saldo da balança comercial destes produtos registou um agravamento de 39 milhões de euros comparativamente ao ano anterior, correspondendo a um défice de 3,7 mil milhões euros (INE 2013). Os cereais mantêm-se, como tradicionalmente, com o maior défice comercial nos produtos agrícolas e agro-alimentares em Portugal, tendo contudo registado uma melhoria significativa face a 2012 (+78 milhões de euros), em resultado fundamentalmente da diminuição das importações (-10,0%)(INE 2013).

Quadro 1- Balanços de aprovisionamento de cereais nos anos 2010 a 2013 Fonte: (INE 2013)

Produtos	Campanhas	Produção utilizável	Comércio Internacional		Recursos Disponíveis	Utilização Interna Da qual:			Capitação Kg	Grau de Auto- aprovisionamento %
			Entrada	Saída		Total	Alimentação Animal	Consumo Humano		
Total de Cereais	2010/2011	854	3925	380	4399	4531	2639	1388	131,2	18,8
	2011/2012	974	4048	400	4622	4533	2686	1383	131,1	21,5
	2012/2013 Po	995	3769	353	4411	4522	2690	1363	130	22
Trigo Total	2010/2011	83	1505	179	1409	1524	300	1188	112,4	5,4
	2011/2012	51	1792	233	1610	1530	300	1186	112,4	3,3
	2012/2013 Po	59	1488	203	1344	1449	240	1173	111,8	4,1
Trigo Duro	2010/2011	16	215	33	198	243	90	151	14,3	6,6
	2011/2012	4	193	49	148	178	30	146	13,8	2,2
	2012/2013 Po	4	238	35	207	202	50	150	14,3	2
Trigo Mole	2010/2011	67	1290	146	1211	1281	210	47	98,1	5,2
	2011/2012	47	1599	184	1462	1352	270	45	98,6	3,5
	2012/2013 Po	55	1250	168	1137	1247	190	45	97,5	4,4

Como se pode observar no *Quadro 1* acima representado, Portugal não é auto-suficiente em trigo sendo um grande importador do cereal. Esta situação, que nem sempre foi assim, tem variado ao longo dos tempos e Joaquim André Sampaio (1990) situa até Portugal como um pequeno exportador de trigo no século XIX. Por ser um cereal de características únicas mesmo em zonas onde a sua produtividade é baixa, o trigo permanece como referência nas actividades produtivas nas nossas condições Mediterrâneas também pela preferência geral da população no consumo dos seus derivados. Agronomicamente, tal como já foi referido, é um cereal que se pode cultivar em quase todo o mundo, também em Portugal, que é um país com larga tradição na sua produção.

Na primeira metade do século XX, a conjuntura política e económica em Portugal, fez com que o trigo fosse muito mais um cereal de obrigação do que um cereal de opção vantajosamente assumida, causas disso o baixo preço do pão, e o crescente aumento dos

produtos industriais. A cultura trigueira enfrentava uma grande crise decorrente da competitividade do trigo produzido no exterior especialmente da concorrência das importações agrícolas do Novo Mundo. O autor Santos (2011) aborda e analisa o problema político da época onde as guerras alteraram completamente a produção e os preços de trigo na Europa. Estas condições levaram à denominada “ Campanha do Trigo” onde foi incentivada a produção de trigo e divulgados os adubos químicos que possibilitaram o aumento das produções unitárias e permitiram alargar as áreas de cultura. A campanha do Trigo baseou-se numa política de tentativa de garantir a auto-suficiência do nosso país na produção, determinando-se para isso por lei, que uma parte da verba do orçamento do Ministério da Agricultura se destinava á concessão de prémios e subsídios para os produtores de trigo.

Através de uma análise de vários autores Santos (2011) refere que a campanha do Trigo teve efeitos benéficos para os médios e grandes produtores, assegurando-lhes um escoamento certo e a preço garantido e sobrelevado face aos preços do mercado externo para a sua produção, ainda que o pequeno produtor e o consumidor, que deveriam ter sido os grandes beneficiários da campanha, acabaram por sair prejudicados com a mesma, com grandes perdas monetárias e principalmente no aumento relativo do preço do pão. Mais tarde, a partir de 1935, introduziram-se algumas variedades precoces de trigo, aperfeiçoaram-se as técnicas culturais, como as sementeiras, e foram aperfeiçoadas as técnicas de adubação. Isto permitiu, principalmente nas planícies do Alentejo, aumentar a produção de trigo até 1974 (Santos, 2011). Com este aumento de produção surgiram também problemas, fenómenos como a erosão e a perda de fertilidade dos solos levaram a um decréscimo da produção e também a um abandono de terras que, outrora férteis, agora não tinham características suficientes para a prática agrícola.

Nos anos 80, depois da entrada de Portugal na Comunidade Económica Europeia (CEE), hoje União Europeia (EU), com as novas políticas emanadas da Política Agrícola Comum (PAC) e os preços resultantes da Organização Comum de Mercados, tornou-se bastante difícil para um agricultor habituado num mercado fechado, com preços garantidos à produção, produzir o cereal. Ao mesmo tempo que os preços dos factores de produção subiam, o preço do trigo não acompanhava a subida, tornando a cultura cada vez mais cara, quer em termos de mão-de-obra, combustível, adubos, herbicidas e operações culturais.

**Quadro 2** - Níveis de produção e consumo de trigo mole em Portugal de 1992 a 2002 Fonte: (Rose, et al – Direcção Geral de Agricultura 2003)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1993/95 2000/02 (Diferença)
Superfície de produção (1000ha)	238	215	235	210	248	122	146	87	50	50	-167
Rendimentos (100kg/ha)	16,9	19,5	14	17,2	12	10,1	16,3	20,9	10,7	18,2	0
Produção colhida	403	420	329	362	298	123	238	182	53	91	-275
Importações totais	912	964	945	1099	1225	1291	1506	1450	1348	1653	543
Exportações Totais	11	30	41	63	83	123	105	109	92	140	86
Consumo interno total	1182	1294	1284	1349	1454	1478	1526	1519	1502	1584	282
Alimentos para animais	226	320	302	368	452	443	452	482	503	580	239
Utilizações industriais	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumo Humano bruto	881	911	915	916	913	968	990	988	989	996	89
Grau de auto-suficiência(%)	29	31	33	24	25	20	8	16	12	3	-21

De facto, no *Quadro 2* pode observar-se que a superfície de trigo mole sofreu um decréscimo de 73% entre 1993/95 e 2000/02 tendo a produção total registado um decréscimo proporcional. O crescimento das importações ultrapassou o da procura interna devido ao aumento das exportações. As exportações que eram quase insignificantes no princípio do período, cresceram muito nestes últimos anos, atingindo um volume superior ao da produção *Quadro 2*. Em consequência desta evolução, o grau de auto-suficiência, que inicialmente era já baixo, registou um decréscimo de 26%, tendo sido em média de 10% em 2000/02 (Rose et al. 2003) direcção geral de agricultura.

Ainda que a margem bruta da actividade se tenha reduzido, a produção não se perdeu por completo, devido sobretudo, à importância que a cultura do trigo possui beneficiando agrónomica, ambiental, económica e socialmente os diversos sistemas agrícolas e as regiões nos quais estes se praticam muito para além da análise redutora baseada unicamente na rentabilidade económica da cultura. Assim, as produções intensivas em sistema de monocultura do cereal podem ser substituídas por rotações de culturas agronomicamente coerentes, nas quais o trigo figura como uma das culturas utilizadas. De facto, numa rotação de culturas o trigo, pode fixar nutrientes no solo através da incorporação dos seus resíduos nomeadamente a manutenção das suas palhas à superfície contribuindo assim também para o aumento da sua matéria orgânica e consequentemente melhoria na estrutura, fertilidade e capacidade de armazenamento e retenção de água. No Inverno a cultura mantém uma cobertura do solo que irá proteger o



mesmo da erosão e atenuar os efeitos das mudanças bruscas de temperatura. Depois da colheita a manutenção das palhas no solo, especialmente num sistema de Agricultura de Conservação (AC), será bastante importante para manter a cobertura do solo, protegendo-o do impacto directo da gota da chuva sendo que é importante manter o máximo de meses possível uma cobertura verde do solo, especialmente no inverno, mantendo-se assim a estrutura e estabilidade do solo.

O trigo é também uma cultura indicada para ajudar a fazer um controlo integrado de doenças que possam atingir as culturas na rotação com o trigo, bem como quebrar o ciclo de infestantes que competem com as culturas na rotação. Bill Deen (2013) estudou a rentabilidade de várias rotações de culturas e concluiu após vários anos de estudo, apresentando os seus resultados a agricultores, que numa rotação de culturas com milho e trigo, o milho apresentava uma produção superior 5% em relação a uma rotação sem a cultura do trigo. Concluiu ainda o estudo que a rotação com trigo resistia sempre melhor a anos onde os factores climáticos não eram os favoráveis, ou seja, em anos muito secos ou anos com precipitação elevada, as culturas do milho que com trigo na sua rotação apresentavam menor risco de danos na sua produção unitária final.

### **2.1.3. Intensificação da produção e seus efeitos**

Ao alterar a sua forma de subsistência deixando de ser nómada e passando a cultivar a terra e a fixar-se numa zona, o Homem começou a explorar o solo de uma maneira mais intensiva. Há 7000 anos na Mesopotâmia, a mobilização de solo, uma das operações que tem sido crucial para o desenvolvimento da agricultura, iniciou-se junto aos rios Eufrates e Nilo. Nesse período, a mobilização de solo, auxiliou a produção de culturas em regadio nos férteis aluviões característicos da zona, produzindo-se mais do que o necessário para a sobrevivência da civilização. No entanto o que parecia ser a terra prometida, tornou-se no oposto. Ou seja, graves problemas de erosão desgastaram o solo, retirando-lhe a fertilidade que era a sua forte característica e transformando-o num ambiente árido seco que passou a não permitir o desenvolvimento de culturas como outrora. A erosão que desgastou e erodiu o solo pode ser explicada através de alterações climáticas da época, no entanto, foi a agricultura de regadio intensiva e as mobilizações do solo que causaram o forte desgaste que até a data ainda não se tinha verificado na zona. Através deste exemplo, pode ilustrar-se o problema da perda de fertilidade e da erosão associados à agricultura com o recurso à mobilização do solo na instalação e manutenção

de culturas. De facto, para Zalidis et al. (2002), “A agricultura tem vários efeitos na qualidade dos solos, podendo estes atingir fenómenos como a erosão, a compactação, a poluição, a salinização e também a desertificação.”

Até meados de 1970 o aumento de produção era a principal preocupação dos agricultores. A agronomia estava direccionada em melhorar as funcionalidades e a produção dos sistemas agrícolas.

A intensificação da agricultura com um significativo aumento no uso de máquinas pesadas, fertilizantes químicos, e sistemas de rega, aconteceu sem que tivesse havido uma preocupação em minimizar os riscos ambientais. Para Braun (1996), isto é claro e basta analisar os dados retirados das produções de trigo na época, a produção de trigo aumentou 100 milhões de toneladas por década desde 1960 apenas devido à introdução de novas variedades geneticamente modificadas. Além da prática prejudicial da utilização da monocultura de trigo, a intensificação da produção agrícola poderá ter outras consequências para o solo e para o sistema. O autor Odum (1983), citado por Zalidis et al. (2002), refere que a agricultura tem efeitos directos e indirectos na qualidade do solo e nas reservas de água, como tal, será natural concluir que uma agricultura intensiva poderá alterar a composição dos solos com efeitos negativos para os mesmos, sendo o resultado mais grave se os solos já tiverem por si só uma estrutura má ou prejudicada e forem pouco férteis como é o caso da maioria dos solos no país *Quadro 3*.

**Quadro 3** - Algumas das características da superfície agrícola portuguesa (5400000 ha), C.T.C. -capacidade de troca; M.O. - teor de matéria orgânica do solo. Fonte: (Alves 1989)

C.T.C (meq/100 g solos)		M.O. (%) (0-20 cm)		pH (água)	
Valor	% Área Total	Valor	% Área Total	Valor	% Área Total
>20	4.2	>2	27.5	>6.5	11.8
10-20	70.2	1-2	2.2	5.5-6.5	5.3
<10	25.2	<1	70.4	<5.5	82.9

Para Zalidis (2002), de entre as várias funções do solo, para além de fornecer alimentos e fibras, apoio a estruturas socioeconómicas associados à habitação humana e proteger tesouros arqueológicos, este é ainda responsável, por filtrar, degradar, imobilizar e desintoxicar matérias orgânicas e inorgânicas incluindo subprodutos industriais de deposição atmosférica, armazenar e reciclar nutrientes, e outros elementos na biosfera, regular e distribuir o fluxo de solutos e manter a produtividade, a actividade e a diversidade biológica.

Para Zalidis (2002) a manutenção da qualidade dos solos, é definida como a capacidade do solo para funcionar dentro dos limites do ecossistema de maneira a sustentar a produção biológica, manter a qualidade do ambiente e preservar as plantas e animais. Assim, manter a qualidade do ambiente e a biodiversidade apesar de serem preocupações relativamente recentes, são fundamentais para a sustentabilidade da agricultura e também do próprio ecossistema.

Entretanto, a erosão como responsável pela diminuição da qualidade dos solos é um fenómeno que afecta todos os tipos de solo, sendo estes agrícolas ou não, não sendo um problema recente. Para Stallings (1957) “A luta do homem com a erosão do solo é tão antiga como a própria agricultura”. Segundo Ritter & Eng (2012) podemos dividir a erosão em erosão hídrica ou provocada pela água, a erosão eólica provocada pelo vento, e também a erosão associada a práticas agrícolas, como a mobilização profunda do solo. Qualquer um destes tipos de erosão envolve três acções distintas, tais como, a desagregação, o movimento e a deposição de partículas do solo explicando-se assim os efeitos negativos que a erosão pode ter num solo agrícola. A camada superficial de solo, que é a camada que apresenta maiores teores de matéria orgânica, fertilidade, e organismos vivos, é desagregada, transportada e depositada, muitas vezes perdendo-se completamente por drenagem até cursos de água ou em profundidade no solo. Com estas acções a erosão influencia directamente a produtividade de uma cultura e também a poluição de cursos ou reservas de água no solo.

Segundo o International Soil Reference and Information Centre, (1994) durante os últimos 40 anos, 30% dos solos destinados à agricultura (1.5 biliões ha), foram abandonados devido à erosão e à sua degradação sendo perdidos para a agricultura anualmente cerca de 2 milhões ha entre outras causas devido à degradação dos solos. O solo degrada-se a uma velocidade muito maior que a sua regeneração, que é um processo muito mais lento, e serão necessários aproximadamente 500 anos para “refazer” 25 mm de solo perdido por erosão. Assim, o solo agrícola produtivo é um ecossistema não renovável em perigo sendo necessário encontrar alternativas para combater a sua erosão e degradação combatendo assim o abandono dos solos agrícolas.

Em Portugal a denominada “Campanha do Trigo”, (anos 1930), que teve como objectivo o aumento de produção do cereal, favoreceu uma grande alteração dos solos na região Mediterrânea, pela produção intensiva com o aumento na utilização de adubos e

pesticidas juntamente com as novas tecnologias baseadas no aumento da mecanização visando maximizar a produção. A utilização da monocultura do trigo como um dos factores característicos da Campanha do Trigo foi feita com o recurso à mobilização intensa e cada vez mais profunda do solo, como resultado da industrialização ter colocado ao serviço da agricultura, maiores potências e também alfaías com cada vez maior capacidade de mobilizar em profundidade. A mobilização intensa e profunda dos solos foi um dos pilares da Campanha do Trigo e resultou na degradação da camada superficial do solo reduzindo a sua fertilidade, tendo afectado também as reservas de água e a qualidade do ar. Estes factores negativos resultaram em de mão-de-obra e energéticos, que a comunidade suportou na mira de atingir a auto-suficiência na produção de cereais, factor tido como estrategicamente importante num mercado fechado como era então o de Portugal.

Segundo Mira Galvão (1943), na região do Campo Branco com solos estruturalmente magros e pobres principalmente em Fósforo (P), a intensificação da cultura do trigo fez dela a maior produtora de trigo do país. Para o autor, os solos com uma percentagem elevada de matéria orgânica (M.O.) proveniente dos detritos da charneca acumulados durante milénios, logo que lhes foi fornecido o elemento em deficiência e limitante da produção, o Fósforo, por meio dos Superfosfatos, desentranharam-se em trigo, chegando a produzir anos seguidos searas entre 18 e 26 sementes mesmo em terrenos congenitamente pobres e magros. A Lei de 1899 que garantiu aos produtores o escoamento do trigo a um preço julgado remunerador, permitiu que a secular charneca tombasse adiante do lavego e do charrueco americano do seareiro. Em poucos anos, ainda segundo o autor, a secular charneca tombou adiante do lavego e do charrueco americano do seareiro dando lugar a pujantes searas em extensões a perder de vista. Entretanto, à medida que as culturas iam consumindo a matéria orgânica, as produções baixavam a ponto de as terras mais magras se negarem a produzir. Se, de acordo com o Eng<sup>o</sup> agrónomo Lúcio de Melo nas 1<sup>as</sup> Jornadas Agronómicas, citado por Mira Galvão (1943), em consequência do cultivo, a redução do conteúdo orgânico se acelera, inversamente seria de esperar, da renúncia temporária ao mesmo cultivo, a reconstrução daquele componente do solo pelo que terá surgido então, ainda segundo Mira Galvão (1943), a necessidade de as deixar em descanso por alguns anos. Assim, em breve se verificou que bastavam de dois a seis anos de descanso, ou seja de pousio, conforme a sua constituição, para depois de colhido o mato e devidamente alqueivadas, produzirem mais uma, duas ou mesmo três searas, as melhores, só com a adição de Superfosfato. A

conjuntura e a política agrícola do pós guerra de 1914 a 1918 permitiu que se tivessem alargado as folhas de trigo à custa da redução dos pousios, e nos primeiros anos as produções aguentaram-se mercê da pequena reserva de matéria orgânica, mas estabilizado o sistema, a ponto de acabarem com os pousios, as produções baixaram novamente e aumentou de forma assustadora o nosso deficit cerealífero.

## **2.2. A Mobilização de solo**

De acordo com os princípios agronómicos da agricultura convencional com recurso à mobilização do solo para a instalação das culturas anuais e manutenção de perenes, a preparação do solo era indispensável para a produção agrícola. Esta permitia e assegurava a incorporação dos resíduos e fertilizantes bem como a preparação da cama da semente através das várias operações de mobilização pois os semeadores convencionais não operavam com resíduos à superfície e só semeavam em solo previamente mobilizado e regularizado e garantia que não existia competição com a cultura deixando o solo “limpo” de infestantes, pragas e doenças.

A mobilização do solo consiste em processos físicos e mecânicos de alteração da sua estrutura com o objectivo de criar condições ideais para o desenvolvimento de uma cultura. Este sistema é quase tão antigo como a agricultura em si e todos os agricultores sempre o tiveram como uma prática fundamental para o sucesso dos seus sistemas agrícola ainda que muitas vezes este processo mecânico intensivo cause grandes problemas de erosão e de alteração das características físicas, químicas e biológicas dos solos. De facto segundo Derpsch (2008), a agricultura convencional com recurso à mobilização do solo provoca alterações na estrutura, do solo destruindo-a.

Por outro lado, enquanto Doran and Smith (1987) citados por, Ben Moussa-Machraoui, et al. (2010), referem que a mobilização convencional do solo acelera a oxidação da matéria orgânica através dos microrganismos do solo devido á mistura das camadas do solo e ao seu arejamento. Também Dwyer (1996) citado pelo mesmo autor, chegou á conclusão que os sistemas intensivos de mobilização do solo afectam a sua temperatura e porosidade. Mais recentemente o autor refere ainda que Shipitalo (2000), verificou que a intensificação das práticas culturais pode afectar a estrutura do solo e causar uma excessiva quebra com pulverização dos agregados, aumentando assim o

potencial de erosão do solo. Estas práticas associadas à queima de restolhos também permitida, mantendo o solo nu durante semanas ou meses, eram favoráveis ao aquecimento do solo por radiação directa e activavam determinados processos químicos no solo, dos quais se destaca o aumento na taxa de mineralização da matéria orgânica (M.O.). A erosão do solo era assim aceite como um fenómeno inevitável associado à agricultura sobretudo em zonas com declives acentuados.

O Carbono orgânico é um componente importante nos sistemas agrícolas sendo a sua manutenção no solo, um mecanismo importante no combate á degradação do mesmo, por contribuir para o aumento de produtividade das culturas (Bationo et al. 2007). Segundo Ben Moussa-Machraoui et al. (2010), a mobilização do solo diminui a capacidade de produção, induzindo a perda de carbono contribuindo simultaneamente para as emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera. A influência das mobilizações do solo no teor de carbono deste, por serem mais evidentes a longo prazo, adiam por isso, a demonstração da diminuição das produções e a perda na eficiência das culturas relacionadas com a perda de carbono orgânico do solo, razão pela qual os produtores apenas se conseguem aperceber dos problemas da redução de fertilidade dos seus solos apenas quando estes já estão com fertilidades bastante reduzidas.(Deen & Kataki 2003).

Vários componentes do solo estão ligados ao seu teor de Matéria Orgânica tais como a fertilidade, a estabilidade dos seus agregados e da sua estrutura, a resistência ao impacto da gota da chuva, a taxa de infiltração, o arejamento e ainda a actividade biológica (Bationo et al. 2007). Assim, estando o teor de M.O. directamente ligado aos outputs de biomassa, á mineralização e também ao nível de erosão, as mobilizações do solo ao deixarem o solo sujeito á erosão provocada pela chuva e aos consequentes problemas de erosão, irão baixar o teor de M.O. diminuindo ainda mais a fertilidade do solo, destruindo a estrutura e prejudicando a actividade biológica.

A sedimentação de resíduos é também um efeito consequente da erosão dos solos devido à mobilização. Segundo Simmons & Nafziger (1985), a sedimentação é um problema adicional da erosão criada pela mobilização dos solos. Os sedimentos que resultam da erosão dos solos, estando entre eles produtos resultantes da degradação dos fertilizantes químicos e pesticidas, irão depositar-se em reservas de água superficiais ou subterrâneas criando problemas de poluição bem como uma redução de qualidade das águas e também da eficiência de sistemas de drenagem á superfície.

Para Derpsch (2008), o Carbono do solo que se escapa para a atmosfera sob a forma de dióxido de carbono, contribui assim para o prejuízo da qualidade do ar e também para o aquecimento global do planeta. De facto, para Singh et al. (2011), o problema da poluição do ar e da água devidos á mobilização do solo e conseqüente erosão, torna-se num problema de poluição ambiental sério com conseqüências graves para o ambiente e para a sociedade e o mundo. Ainda para Derpsch (2008), a degradação das características químicas, físicas e biológicas do solo, com a conseqüente diminuição da produtividade das culturas, diminui a eficiência na utilização dos factores, obrigando nomeadamente a uma maior utilização de fertilizantes o que conjuntamente com uma ineficiente utilização da energia (consumo elevado de combustíveis) da mão-de-obra e do tempo ameaça a sustentabilidade, agronómica, ambiental, económica e social das actividades e dos sistemas de produção agrícola.

### **2.2.1. A agricultura convencional com recurso à mobilização de solo**

Segundo o Projecto SoCo, Louwagie et al. (2009), 115 milhões de ha da área total da Europa são afectados pela erosão hídrica e 42 milhões são afectados pela erosão provocada pelo vento. Ainda de acordo com o referido Projecto, 45 % dos solos da Europa tem um baixo ou muito baixo nível de M.O. (0-2%) e 45% tem um nível médio. A fertilidade dos solos está a diminuir e os níveis baixos de M.O. estão na base para a constante diminuição da fertilidade. A agricultura convencional, provoca a perda de solos por erosão, pode aumentar a topografia criando declives que impossibilitam a prática agrícola, causa problemas com a diminuição da fertilidade e a salinização dos lençóis freáticos entre outros. Este sistema está na base dos problemas de abandono da agricultura e de deterioração da natureza e pondo em causa as reservas alimentares para o futuro.

Segundo Bationo et al. (2007) o aumento do crescimento populacional em simultâneo com a diminuição de áreas disponíveis para a agricultura, coloca os produtores perante a pressão do aumento na procura de alimentos o que os impossibilita de poderem submeter os solos a longos períodos de pousio para aumentar a sua fertilidade.

Entretanto, numa altura em que existe uma crescente necessidade de produzir cereais para tentar suprimir as carências de uma população mundial em constante crescimento, a degradação dos solos é actualmente um problema a ter em conta nesta equação do aumento de procura de alimentos. De facto nos últimos 30 anos cerca de 30 %

dos solos destinados à agricultura perderam-se, e de acordo com Pinstруп-andersen & Pandya-lorch, (1999), entre 1995 e 2020, o aumento na procura de cereais será de 39% até 2 466 milhões de toneladas e 58% até 313 milhões de toneladas na procura de carne.

Segundo Derpsch (2008), nas nossas condições, a excessiva e repetida mobilização do solo com recurso a operações desajustadas pelas suas nefastas consequências (lavouras e gradagens), provoca um aumento na taxa de mineralização da matéria orgânica do solo. Como esta taxa é superior à taxa de reposição, estes sistemas conduzem naturalmente, ao longo do tempo, a uma redução dos teores de matéria orgânica do solo, com a consequente diminuição das produtividades das culturas. Estes sistemas, por deixarem o solo nu ou apenas parcialmente coberto, permitem que este fique exposto a fenómenos mais ou menos intensos de erosão hídrica e eólica com perdas de solo maiores que a sua regeneração. Deste modo, existe uma perda de nutrientes e matéria orgânica, que conduz através dos tempos a uma diminuição das produtividades das culturas, para além de prejudicar a qualidade da água por arraste das partículas de solo e também de outros produtos resultantes da degradação de adubos, herbicidas e pesticidas. Por outro lado, a utilização excessiva e repetida de operações de mobilização do solo, provoca danos na estrutura do solo e torna-o mais sensível às alterações de temperatura provocando efeitos negativos no crescimento das raízes, na flora na fauna e nos teores de humidade do solo, o que naturalmente se traduz também numa inevitável diminuição da produtividade das culturas.

Ou seja, todo o sistema de produção agro-pecuário no qual se verificam importantes perdas de nutrientes seja por extracção sem reposição (exploração agrícola), por volatilização (queima de resíduos), e ou lixiviação ou lavagem (alqueive nu), tem como consequência o empobrecimento do solo e do sistema. Para além do exposto, as mobilizações excessivas provocam o escape rápido de carbono do solo sob a forma de gás (dióxido de carbono) para a atmosfera. A emissão de grandes quantidades de CO<sub>2</sub> para a atmosfera e a não retenção do carbono no solo a contribuir para a melhoria da sua produtividade, faz com que os sistemas convencionais de mobilização do solo contribuam para o efeito de arrefecimento excessivo e aquecimento global do planeta. Portanto, os efeitos negativos da excessiva preparação do solo sobre a matéria orgânica, erosão, estrutura, temperatura, humidade, infiltração da água, flora e fauna e perda de nutrientes, resultam na degradação física, química e biológica do solo o que conduz através dos anos



a uma diminuição da fertilidade dos solos, a rendimentos decrescentes nas culturas, e ao empobrecimento do sistema e do Homem. Sendo impossível manter uma agricultura sustentável com o recurso sistemático a inoportunas operações de mobilização, para manter e melhorar a fertilidade dos nossos solos é necessário deixar de mobilizá-los, manter neles uma cobertura permanente e adicionar quantidades adequadas de resíduos das culturas ao sistema.

Stallings, em 1957, estudou nos Estados Unidos da América a utilização intensiva dos solos em agricultura por parte do homem, chegando á conclusão que os índices de erosão e perda de solos são acelerados conforme a intensidade de utilização a que estão expostos. Portugal não é excepção nesta matéria e segundo Carvalho (2011), a generalidade da superfície agrícola nacional é composta por solos pouco férteis e instáveis do ponto de vista estrutural, o que agrava os problemas de encharcamento, erosão e secura. Ainda segundo Carvalho (2011), os solos com elevada capacidade de troca catiónica, parâmetro relacionado com a sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas, representam apenas 4,2% da nossa superfície agrícola. Nos restantes solos a sua fertilidade está normalmente dependente do seu teor em matéria orgânica, mas mais de 70% dos nossos solos apresentam um teor orgânico muito baixo. Por outro lado, a acidez dos solos portugueses é generalizada, o que dificulta também a absorção de alguns dos nutrientes mais importantes para as culturas, e em muitos casos, permite o aparecimento de toxicidades de elementos como o alumínio e o manganês. Existem ainda segundo o autor, dificuldades de sustentabilidade dos sectores agrícolas, manifestando-se essas dificuldades principalmente no interior. A falta de estratégias políticas e causas estruturais e ambientais são os responsáveis pelo aumento das dificuldades dos sectores agrícolas. Essas dificuldades levam a um abandono do interior, mesmo em zonas onde não se verifica uma diminuição da capacidade produtiva dos ecossistemas. Este abandono resulta numa desertificação e conseqüentemente num envelhecimento dos produtores agrícolas. O envelhecimento dos produtores e a falta de estratégias políticas, bem como, a falta de apoio á investigação, levam a que não sejam renovados os sistemas agrícolas e que as novas tecnologias não sejam instaladas mantendo-se assim os sistemas produtivos de há décadas que apenas irão contribuir para o aumento das dificuldades dos sectores. Ainda segundo Carvalho (2011), se existe factor que por si só pode acelerar a desertificação do interior do país, é a erosão do solo, pelo que o seu controlo será a condição base para se proceder a uma recuperação da sua fertilidade e melhoria das relações hídricas. Através

da adopção de determinadas técnicas e práticas agrícolas, será possível reduzir de imediato, as perdas de solo por erosão para níveis inferiores aos da capacidade de regeneração do próprio solo. Poderão assim ser necessárias alterações nas estratégias políticas e as prioridades até aqui tomadas, sendo um factor fundamental o estudo, a investigação, a experimentação e a divulgação da utilização de novos sistemas de produção para beneficiar a capacidade produtiva dos ecossistemas preservando-os.

## **2.3. A Produção de Trigo em Agricultura de Conversação**

### **2.3.1. Agricultura de Conservação**

As práticas agrícolas utilizadas durante os últimos 50 anos, na instalação das culturas anuais e na manutenção das culturas permanentes, são uma das principais causas para a degradação da região Mediterrânea especialmente através da deterioração do solo e das reservas de água. Para Zalidis et al. (2002), a produção de alimentos e de fibras aumentou devido a novas tecnologias, à mecanização, ao aumento de fertilizantes aplicados e também a políticas governamentais para a maximização da produção. Ainda que algumas destas medidas tenham trazido benefícios e aumentos de produção a curto prazo, elas estiveram no entanto, associadas a grandes custos ambientais na degradação dos solos e das reservas de água. Segundo Zalidis et al. (2002), com a dificuldade de sucesso dos tradicionais sistemas agrícolas que prejudicam o futuro do agro-ecossistema, o interesse para uma produção sustentável aumentou nas últimas décadas.

Para De Cillis, citado por Mira Galvão (1943), duas essenciais deficiências caracterizam os terrenos dos climas áridos e limitam a sua produtividade, sendo eles a matéria orgânica e a humidade. A escassez de M.O. é devida, de acordo com o autor, por um lado ao facto de que em regime de aridez as plantas terem um desenvolvimento vegetativo reduzido e portanto deixarem no terreno uma escassa percentagem de resíduos orgânicos, e por outro lado ao facto de os mesmos resíduos se decomporem e se mineralizarem muito mais rapidamente. Para o Prof. Rebelo da Silva, também citado por Mira Galvão (1943), quando se esgota a matéria orgânica, estas terras negam-se a produzir e tem que ficar de pousio. Para o Prof. Ehrenfried Pfeiffer, nos EUA nas planícies cálido-áridas, eram necessários 20 anos sem cultura para se reconstituírem os níveis de matéria orgânica. Entendia no entanto Mira Galvão (1943) que 20 anos sem cultura era muito tempo para um país com escassos recursos, pelo que aos nossos terrenos

estruturalmente pobres e muito esgotados, bastar-lhe-iam 2 a 4 anos de repouso para acumularem um pouco de matéria orgânica que lhes permitia reconstituir a sua produtividade perdida. Hay, Lyon et al., segundo Mira Galvão (1943) provaram que a terra abandonada à vegetação espontânea ou às pastagens, e deixada em repouso, perde pela forma referida pouco ou nenhum Azoto (N). É de observação corrente que vai recuperando a referida fertilidade e verificaram ganho de Azoto mesmo sem a intervenção das Leguminosas o que levou Mota Prego a considerar que os pousios Alentejanos, seriam os condensadores de Azoto para a alimentação dos seus triguais.

“Mutatis mutandis”, a Agricultura de Conservação encarada enquanto sistema, aparece como alternativa com o objectivo de estimular a produção agrícola através da optimização dos recursos das explorações contribuindo assim para reduzir a degradação das terras. A optimização é realizada através de uma gestão integrada dos solos, da água e dos recursos biológicos, combinada com factores externos, ou seja, fazer agricultura procurando manter ou melhorar a fertilidade do solo, de forma que as gerações futuras possam obter produtividades iguais ou superiores às que se obtinham no modo convencional, preservando os recursos, respeitando o ambiente (biodiversidade ar e água), melhorando a sua qualidade de vida. O sistema AC visa inverter o ciclo de degradação, associado à instalação e manutenção de culturas no modo convencional com o recurso à mobilização do solo, e tem como objectivo a recuperação da fertilidade do solo através da melhoria das suas características físicas (erosão e manutenção ou melhoria da estrutura), químicas (elevação do teor de matéria orgânica) e biológicas (criação e manutenção de condições favoráveis para os organismos do solo). Pretende-se a recuperação da fertilidade dos solos degradados e prejudicados na sua estrutura através da agricultura de conservação, adoptando as práticas fundamentais para o sistema, como a sementeira directa, a manutenção de resíduos à superfície e a rotação de culturas, para além de outros princípios e práticas acessórias (controlo integrado de infestantes, utilização de tractores leves e aplicação de rodados duplos traseiros, ordenamento do pastoreio, etc.). A mobilização mecânica dos solos é substituída pela acção biológica, para que, os microrganismos, as raízes e os elementos da fauna do solo desempenhem a função de mobilização e garantam o equilíbrio de nutrientes no solo. A fertilidade do solo, quando relacionada com nutrientes e água, é gerida através do controlo da cobertura do solo, da rotação de culturas e do controlo de infestantes.

De facto, segundo a FAO (2013), a Agricultura de Conservação assenta em três pilares fundamentais, a perturbação mínima do solo, a cobertura permanente do solo e a rotação de culturas. A perturbação mínima do solo, consiste em utilizar mobilização reduzida ou nula com o objectivo de manter a estrutura do solo e também a sua actividade biológica mantendo assim a matéria orgânica. A cobertura permanente do solo com recurso a resíduos e outros materiais de cobertura, tem o objectivo de cobrir o solo de forma a protegê-lo de fenómenos como a erosão e contribuir para a dispersão de infestantes. A diversificação com a rotação de culturas favorece os microrganismos do solo e contribui para o combate de infestantes, pragas e doenças.

Heanean (2004), citado por Mohammad et al. (2012), registou perdas de 400 kg solo/ha/ano num solo submetido a práticas agrícolas tradicionais ao longo de 20 anos quando comparado com o que não sofreu mobilização do solo. Isto comprova que a ausência de mobilização do solo pode ser um sistema eficaz no combate à erosão e degradação dos solos, e como tal, a investigação deste sistema, o seu conhecimento, a sua adopção e a utilização de políticas de impulsionamento do mesmo poderão ser uma das prioridades para o futuro. Ainda, segundo Derpsch (2010), em agricultura de conservação, a erosão hídrica e eólica são controladas, há uma melhoria das características físicas, químicas, e biológicas do solo, o aumento ou manutenção do teor de M.O. do solo com a consequente melhoria na infiltração da água e uma maior capacidade no seu armazenamento e retenção com um aumento na produtividade das culturas eventualmente com um menor uso de fertilizantes e menores custos de produção.

Segundo Hermanz (1995), a Agricultura de Conservação em Sementeira Directa (AC/SD), reduz em termos absolutos o consumo de energia comparativamente com o sistema convencional de instalação de culturas com recurso à mobilização de solos. Quando é considerado naturalmente a igualdade na utilização dos restantes factores de produção, o sistema AC/SD consegue uma poupança de energia e um aumento da produtividade energética superior a 10-15% e 30% respectivamente.

Do ponto de vista ambiental existe com a diminuição da erosão uma diminuição da sedimentação de rios, lagos, albufeiras e barragens e uma melhoria na qualidade da água e o carbono é sequestrado no solo melhorando as suas características e contrariando ao mesmo tempo o aquecimento global do planeta. O aumento na rentabilidade das culturas de uma forma agronómica, ambiental e economicamente sustentável, permite as

actividades, a ocupação do território e a fixação das populações com a dinamização das economias locais o que não deixa de ser interessante também na vertente social.

A desconfiança sobre a rentabilidade das culturas em Agricultura de Conservação, não é, segundo Freixial e Carvalho (2004), fundamentada, pois a melhoria das características físicas, químicas e biológicas dos solos em AC/SD, proporciona melhores condições para o desenvolvimento das culturas, com um aumento esperado das produtividades tão significativo quanto a consolidação do sistema. A longo prazo será possível, eventualmente, uma redução de “inputs”, o que tem benefícios, quer na redução dos custos de produção, quer na redução do impacto ambiental das actividades e segundo Fox, et al. (1991) vários estudos comprovam que uma agricultura de maior erosão para o solo é menos rentável do que uma agricultura com valores de erosão bem menores tendo vários produtores atingido valores produtivos semelhantes mesmo utilizando sistemas diferentes.

### **2.3.2. A Sementeira directa e a agricultura de conservação**

Para os agricultores em agricultura convencional, a mobilização do solo é uma parte importante do sistema. O solo é mobilizado com o propósito de o abrir depois da colheita da cultura anterior, eliminar as infestantes, incorporar resíduos e preparar a cama da semente para a cultura seguinte. Os agricultores entendem a mobilização do solo como algo importante e sentem-se mesmo satisfeitos com a tecnologia, sabem como conduzi-la e reconhecem mesmo que as mobilizações do solo produzem bons resultados sendo responsáveis pelos elevados rendimentos das culturas.

Com o surgimento de um herbicida total, sistémico e sem acção residual e o aparecimento de semeadores que conseguem semear sem a necessidade de preparação prévia do terreno, vencendo a resistência que o solo oferece e por vezes com quantidades significativas de resíduos, as mobilizações do solo com o objectivo de controlar infestantes e de preparação da cama de semente, deixam de ser técnicas indispensáveis e obrigatórias.

Conforme a existência das operações de mobilização do solo e a sua intensidade, podemos entender vários tipos de sistemas. Enquanto a mobilização de solo manipula fisicamente o solo para atingir um controlo de sementeira e também criar condições de porosidade, arejamento entre outras, a Sementeira Directa (SD) é uma técnica onde

apenas o semeador interfere com o solo, abrindo sulcos que permitem a colocação das sementes á profundidade pretendida, sempre com os resíduos á superfície ao longo de todo o sistema.

A SD baseia-se no conceito de semear sem que o solo seja mobilizado. De acordo com Phillips e Young, (1973), citados por Derpsch, (2008), entendemos como SD a técnica de instalação de culturas, na qual a única operação mecânica do solo será a abertura de um sulco com profundidade e secção suficientes para a colocação e o tapar da semente. Ainda segundo o mesmo autor, um solo não perturbado mecanicamente não vê a sua estrutura prejudicada, antes a vê melhorada ao longo do tempo. Segundo BaKer (1996), citado por Devita et al. (2007), este conceito ao contrário do que possa parecer, é já muito antigo tendo sido utilizado pelos egípcios há séculos atrás.

A técnica da Sementeira Directa surgiu em 1960 ao mesmo tempo que foram introduzidos no mercado novos herbicidas que permitem o controlo eficaz das espécies infestantes, dentre eles os que possuem efeito não residual permitindo assim que logo após a sua aplicação seja possível proceder á sementeira das culturas sem que haja perigo de dano para as sementes instaladas no solo. Nenhuma outra operação de mobilização é realizada para além da operação de sementeira. O objectivo é perturbar o mínimo de solo possível, permanecendo as sementes das infestantes em profundidade evitando assim a sua germinação e emergência. Os resíduos da cultura anterior permanecem à superfície realizando a função de cobertura vegetal do solo e contribuindo também para o seu conteúdo em matéria orgânica. A sementeira com perturbação do solo, ainda que apenas superficialmente, não poderá ser classificada como Sementeira Directa, devendo ser designada como mobilização reduzida. Técnicas de sementeira que, durante a sementeira, misturam ou mobilizam mais de 50% da superfície, não deverão ser classificadas como Sementeira Directa (Derpsch et al. 2014). O controlo eficiente de infestantes é um dos pilares chave para o sucesso da SD. O controlo de infestantes é realizado através de herbicidas, bem como através da utilização da rotação de culturas e eventualmente de culturas de cobertura. Alguns dos efeitos benéficos que a SD fornece ao ambiente são o controlo da erosão, a redução do risco de inundações e a consequente melhoria da qualidade da água. Através do sequestro de carbono no solo que vai acontecendo ao longo dos anos, a Sementeira Directa, contribuirá também para a melhoria da qualidade do ar e terá uma influência positiva face as alterações climáticas.

Num estudo realizado por Ben Moussa-Machraoui et al. (2010) em solos de Barro no norte da Tunísia, num período de 4 anos, verificou-se que os solos são afectados e prejudicados para uma exposição mesmo que num curto espaço de tempo de mobilizações. O estudo mostrou também que apesar de em alguns parâmetros serem insignificantes, a SD permitiu melhorar a estrutura, qualidade e fertilidade do solo. Cereti & Rossini, (1995) citados por Devita et al. (2007) comprovaram que solos mediterrâneos em sistema de sementeira directa contem maiores quantidades de carbono orgânico e uma maior concentração de biomassa e microorganismos especialmente na camada mais superficial.

Analisando Friedrich & Kassam (2012), a Agricultura de Conservação assenta em três pilares fundamentais, a Sementeira Directa, a manutenção de resíduos das culturas à superfície e a rotação de culturas. A SD de culturas sem perturbar o solo permite que a actividade biológica no solo se estabeleça em todo o seu potencial e diversidade e se mantenha ao longo do seu perfil, evitando assim danificar a sua estrutura. A manutenção de um coberto vegetal que providencia abrigo e protecção ao solo da chuva, do sol, do calor, do frio e também do vento permitindo também um desenvolvimento saudável dos organismos do solo que irão possibilitar o sequestro de carbono, a infiltração do solo e também um controlo de erosão. A rotação de culturas, é uma prática agronómica importante em todos os sistemas de agricultura e fundamental em agricultura de conservação (Derpsch 2008). A alternância de culturas de espécies com características distintas ao nível morfológico (sistema radical), ciclo vegetativo (épocas distintas de sementeira e colheita), e ao nível da sua resistência a pragas e doenças, contribui também em AC/SD, para o aumento da melhoria das características físicas, químicas e biológicas dos solos.

De facto Baker (1995), citado por Devita et al. (2007), considerou a AC/SD um sistema e uma técnica mais precisos e minuciosos, que para serem sustentáveis, admitem margens de erro menores do que os sistemas convencionais com o recurso à mobilização de solo na instalação e manutenção das culturas.

A SD e a AC são utilizadas em todo o mundo, em mais de 100 milhões de hectares, sob as mais diversas condições climáticas e de solo (Derpsch, et al., 2010). O sucesso da aplicação da Agricultura de Conservação é baseado na sua contínua utilização ao longo dos anos, o que poderá ser comparado a uma pastagem permanente e na diversificação

utilizando rotações de culturas, manutenção dos resíduos das culturas à superfície e em alguns sistemas a “introdução” de adubos verdes (Derpsch et al. 2014). De facto, para Derpsch, (2010), a AC/SD são práticas agrícolas que atendem plenamente às exigências da produção agrícola sustentável, mesmo sob condições extremas de clima e solo. Encerram conceitos distintos do ponto de vista agronómico, que devem ser plenamente entendidos, adoptados e cumpridos para o sucesso do resultado final (Derpsch, 2008). O facto de o solo não ser mobilizado e continuar permanentemente coberto de resíduos vegetais, contribuirá para, um controlo eficiente da erosão, o aumento do sequestro atmosférico de carbono no solo, o aumento da actividade biológica, uma melhor conservação de água e também para um maior retorno económico ao longo do tempo (Derpsch, 2010).

### **2.3.3 Trigo em Sementeira Directa**

Os cereais ou, de uma forma geral, as culturas arvenses, tiveram desde sempre um papel relevante no sector agro-alimentar, cumprindo uma função alimentar determinante, quer para as populações quer para a alimentação animal, em complemento ou conjugação com a sua exploração e, de um modo geral, como forma de ocupação do solo. A estas funções tradicionais juntou-se, recentemente, uma nova valência que é a da sua contribuição potencial para a produção de energias alternativas. A preocupação com a segurança alimentar no sentido da garantia do auto-abastecimento esteve na base de muitas políticas públicas de apoio à cultura dos cereais, em geral, e do trigo em particular. O modelo de concepção da Política Agrícola Comum (PAC) reflecte, igualmente, esta preocupação na sua essência. A aplicação da PAC em Portugal foi determinante para a evolução deste sector. Foram duas décadas de ajustamento a uma política que já tinha iniciado o seu movimento de transformação, o qual se foi aprofundando sucessivamente. O maior impacto provém, contudo, da última reforma iniciada em 2003, na sequência da qual foi decidido o desligamento total das ajudas directas à produção nos cereais e parcialmente no arroz. Se exceptuarmos o carácter “religador” que outro tipo de ajudas, nomeadamente as agro-ambientais, pode assumir, os agricultores portugueses enfrentaram, pela primeira vez, um enquadramento muito menos orientador e regulamentador e mais determinado pelas regras do mercado. Dois anos após a aplicação do desligamento contrariamente ao que ocorreu em Portugal, o sector dos cereais na União Europeia foi-se tornando fortemente excedentária, com consequências importantes



a vários níveis, nomeadamente a acumulação de stocks na intervenção, sobretudo depois do alargamento de 2004. Não obstante, regiões deficitárias e geograficamente afastadas dos centros de produção, como a Península Ibérica, não têm beneficiado directamente desta situação.

O conjunto das áreas semeadas com cereais e arroz reduziu-se em quase 50% desde o início da década de noventa até aos dias de hoje, passando de 750 000 hectares em 1990 para 390 000 hectares cultivados em 2006. A proporção da SAU ocupada com estas culturas também se reduziu para metade: de 20% em 1990 para 10% em 2005.

Segundo o INE (2013), as importações de produtos da agricultura e agro-alimentares atingiram em 2013 um valor de 7,2 mil milhões de euros, o que corresponde a um acréscimo de 5,6% face ao ano anterior (+382 milhões de euros). As exportações aumentaram 11,0% em relação a 2012, totalizando 3,5 mil milhões de euros (+343 milhões de euros). Deste modo, no ano de 2013 o saldo da balança comercial destes produtos registou um agravamento de 39 milhões de euros comparativamente ao ano anterior, correspondendo a um défice de 3,7 mil milhões de euros. Em sentido contrário, salientam-se os decréscimos registados nas importações de “cereais” (-84 milhões de euros, correspondendo a -10,0% face a 2012). Não obstante, em quase todos os grupos de produtos agrícolas e agro-alimentares se verificaram agravamentos no saldo da balança comercial relativamente ao ano anterior, com especial destaque para a “carne e miudezas, comestíveis” que registou o maior agravamento (-83 milhões de euros), correspondendo ao 2º maior défice comercial em 2013. Os “cereais” mantêm-se, como tradicionalmente, com o maior défice comercial nos produtos agrícolas e agro-alimentares em Portugal, tendo contudo registado uma melhoria significativa face a 2012 (+78 milhões de euros), em resultado fundamentalmente da diminuição das importações (-10,0%).

Relativamente ao índice de preços dos bens e serviços de consumo corrente na agricultura, registou-se, em 2013, um aumento de 1,9% em relação ao ano anterior, em função, sobretudo, da subida do índice de preços dos produtos de protecção das plantas (+11,6%), e, principalmente, pela sua importância relativa, dos alimentos para animais (+6,8%), que mais que compensaram as variações negativas observadas no índice de preços das sementes e plantas (-5,1%) e da energia e lubrificantes (-4,0%). Para o mesmo período, no índice de preços dos bens de investimento verificou-se uma variação de +2,0%, para a qual contribuíram as variações positivas registadas na maquinaria e outro

equipamento (+3,4%), nos edifícios da exploração não residenciais (+1,5%) e no equipamento de transporte (+1,4%).

Em sistemas agrícolas convencionais, a intensa exploração agrícola tem levado os solos de extensas áreas a um processo acelerado de degradação, com alterações nas características físicas, químicas e biológicas, afectando, progressivamente, o potencial de produção das culturas. Então o paradigma actual remete-nos para a necessidade de produção de cereais em geral e de trigo em particular, de uma forma sustentada agronómica, ambiental, económica e socialmente na qual o controlo da erosão do solo é a condição base para se proceder a uma recuperação da sua fertilidade e melhoria das relações hídricas e da eficiência no uso dos factores. Assim, colocando a defesa do solo no centro de políticas agrícolas sustentáveis poder-se-ia permitir melhorar de uma forma considerável o desempenho económico das explorações consideradas viáveis mas não competitivas (87 % da SAU) e o desempenho ambiental de todas elas. Segundo Carvalho (2011), dados experimentais obtidos mostram que o recurso à SD, à rotação de culturas e à manutenção dos resíduos das culturas no solo permitem, no médio prazo (cerca de 10 anos), duplicar o teor do solo em M.O. e este facto altera por completo as relações do clima e do solo com as culturas. Segundo o autor, o solo enriquecido em matéria orgânica permitiu simultaneamente um aumento de 30% na produtividade da terra e uma redução de 50% nas necessidades de adubo. Conseguiu-se ainda uma menor interferência das condições climáticas no desempenho das culturas, quer em anos de seca (por maior armazenamento de água no solo), quer em anos de muita chuva (por melhor drenagem), tornando assim os sistemas de culturas mais adaptados às alterações climáticas previstas para o nosso país. O aumento da produção das culturas e a redução de gastos (menos energia porque não se mobiliza o solo e menos adubos) permitiu duplicar a eficiência energética do sistema, que passou de 5,3 MJ de energia gasta para produzir um quilograma de trigo, para 2,6 MJ. A eficiência económica do sistema aumentou igualmente, como não podia deixar de ser e a conta de cultura do trigo passou de uma margem líquida nula (ou seja cultura só viável com apoios) para uma margem líquida de 250 euros/ha (ou seja cultura competitiva) INE (2013).

A cultura do trigo beneficia em AC/SD das vantagens já referidas do sistema em geral. Um estudo realizado por Devita et al. (2007), que comparava os resultados de trigo duro em 2 sistemas de mobilização, SD e mobilização convencional do solo, verificou

valores superiores de água armazenada no solo na SD, o que para a cultura de trigo é bastante importante, pois apesar de tratar de uma cultura de sementeira de Outono/Inverno, é necessário haver reservas de água no solo para que nas fases de formação e maturação do grão, muito importantes, a água não seja um factor limitante. A SD desempenhará pois, um papel fundamental no armazenamento e na absorção de água permitindo mais facilmente uma maior disponibilidade da mesma para as plantas de trigo. O mesmo estudo, verificou também que o solo apresentou um aumento da população de minhocas e conseqüentemente um aumento de bio canais, vindo assim aumentada também a sua porosidade. Com condições climáticas favoráveis, foi possível atingir maiores valores de produção bem como uma melhor qualidade dos grãos o que nos ajuda a concluir que a cultura do trigo é possível com AC/SD quando as condições assim o permitem.

De acordo com o autor Mohammad et al. (2012), em zonas com uma agricultura menos desenvolvida observou-se que uma manutenção de resíduos no solo num sistema sem a mobilização do solo, permitiu um aumento de produção de grãos e palha, e também uma absorção maior de Azoto permitindo simultaneamente uma fertilização mais eficaz com o aumentando do carbono orgânico no solo. Em condições de sequeiro com este sistema, a sua produtividade aumenta, com o aumento na eficiência de utilização de água e do Azoto disponível para as plantas e também com a fertilidade do solo.

O manejo adequado do solo, compatível com as características do clima, do solo e das culturas da região, é fundamental para controlar o processo erosivo e recuperar os solos afectados, reintegrando-os no processo produtivo. O impacto da gota de chuva sobre o solo descoberto desagrega as partículas superficiais, facilitando o arraste posterior pela água não infiltrada. Os resíduos das culturas, asseguram a protecção do solo, são de grande importância nos estádios iniciais de desenvolvimento das culturas, quando a cobertura do solo ainda é deficiente e mesmo após a colheita. Mantidos à superfície evitarão o impacto directo da gota de chuva sobre as partículas de solo, além de diminuir a velocidade de escoamento superficial da água, o que aumenta a quantidade de água infiltrada e minimiza o arrastamento de partículas. Além de representarem importante factor na protecção do solo, os restos das culturas actuam, igualmente, na reposição de nutrientes e de matéria orgânica, razão pela qual não devem ser eliminados,

seja por queima ou por outro processo qualquer. O desenvolvimento de culturas no Outono e Inverno assegura nesse período protecção contra os efeitos da gota de chuva.

A monocultura contínua tende a provocar, com o passar dos anos, uma significativa queda de produtividade, não só por alterar características do solo, como também por proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças e à ocorrência de pragas e de plantas daninhas (Santos et al. 1990). Segundo o autor, a monocultura do trigo afectava negativamente o rendimento da cultura e os componentes de rendimento enquanto em sistemas com rotação de culturas com trigo após colza, linho e tremoço ou serradela (*Ornithopus sativus*, Brot.), trigo após aveia e ervilhaca, trigo após colza, cevada e tremoço ou serradela, o rendimento em número de grãos, o peso de grãos e o peso do hectolitro de trigo foram superiores aos da monocultura. Posteriormente, Santos (1990), confirmou da mesma forma, que a intensidade das doenças do sistema radicular de trigo diminuía à medida que aumentavam os anos de rotação o que confirma a importância da rotação de culturas para o trigo. O rendimento com a cultura do trigo, após alguns anos em monocultura, pode tornar-se, praticamente nulo. Observou-se experimentalmente que, assim que se inicia a monocultura em áreas livres de doenças do sistema radicular, os rendimentos de grãos começam a declinar com maior intensidade após o terceiro ou quarto ano de cultura.

Do agora referido podemos pois concluir que a cultura do trigo pode beneficiar da técnica da Sementeira Directa, das condições de manutenção dos resíduos das culturas à superfície do solo e da rotação de culturas na melhoria das características físicas, químicas e biológicas dos solos com reflexos não só nas produtividades da cultura como também no controlo de pragas e doenças o que naturalmente se vai reflectir na diminuição dos custos de produção com sustentabilidade económica e também de natureza ambiental.

## **2.4. A Fertilização do Trigo**

### **2.4.1. A importância da Fertilização**

De acordo com Dias (2008), as plantas apresentam várias necessidades para garantirem o seu crescimento e desenvolvimento. As plantas necessitam de água, macro e micro nutrientes para as auxiliarem nas suas diversas fases de crescimento e desenvolvimento, sendo fundamentais o hidrogénio, o oxigénio, o fósforo, o potássio, o azoto, o cálcio, o magnésio, o zinco, o ferro entre outros. Tal como no ser humano a água desempenha um papel fundamental no desenvolvimento e crescimento das plantas constituindo em determinadas fases do seu ciclo 80% do seu peso, parte integrante das células e entra em todos os processos de metabolismo.

Segundo Dee & Ahn (2014), macronutrientes como o carbono, azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, são responsáveis pelo desenvolvimento e crescimento da planta através do controlo enzimático que irá activar a síntese de proteínas, nucleótidos e clorofila. Os mesmos autores classificam os micronutrientes por serem necessários pelas plantas em quantidades muito inferiores quando comparadas com os macronutrientes e desempenham funções várias como as de formação e transporte do pólen pelo tubo polínico no caso do boro e do zinco, a transferência fotossintética de electrões por parte do manganésio, a formação dos pigmentos plastídios e das lenhinas por parte do cobre e a produção de clorofila auxiliada pelo ferro. Apesar da classificação entre macro e micronutrientes é de realçar que todos eles desempenham uma função fundamental no desenvolvimento da planta não se podendo por isso considerar que um desempenhe um papel de maior importância que outro. A lei de Liebig comprova a importância de cada nutriente para o desenvolvimento da planta, referindo a mesma, que a produção de uma planta está afectada directamente pelo nutriente que tiver disponível para a planta em menores quantidades. Quando atingidas essas quantidades, mais distantes do nível óptimo da planta, esse nutriente é factor limitante até que outro atinja valores ainda menores de disponibilidade para a planta substituindo assim o primeiro (Kreuz & Lanzer 1995).

Para Carvalho & Sousa (2005), todos os sistemas biológicos são diferentes e como tal a quantidade dos nutrientes disponíveis para cada planta no solo serão diferentes conforme o tipo de solo ou o tipo de clima a que estão sujeitos. Um solo considera-se fértil quando contém, em quantidade suficiente e equilibrada, todos os nutrientes essenciais às

plantas em formas disponíveis ou assimiláveis, não devendo o solo conter substâncias ou elementos tóxicos mas sim possuir propriedades físicas e químicas satisfatórias. No entanto, um solo pode ser fértil e não ser produtivo, ou seja, para Carvalho & (Sousa 2005) o solo é produtivo quando sendo fértil está localizado numa zona climática capaz de proporcionar suficiente humidade, luz, calor entre outros factores fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Segundo Hejzman et al. (2012), existe uma grande variabilidade na fertilidade dos solos, quer por zonas, quer por condições climáticas. Por exemplo, num estudo da fertilidade de um solo de aluvião durante 50 anos, os autores puderam verificar que os agricultores conseguiam obter 6 toneladas/ha de trigo sem a adição de adubos químicos, recorrendo-se apenas à combinação extremamente favorável dos substratos ricos em minerais do solo, com as condições climáticas. Num outro estudo realizado por Alvarez & Grigera (2005), os autores relacionaram o controlo de fertilizantes com a fertilidade do solo numa região argentina conhecida pela elevada fertilidade dos seus solos. Estes concluíram que o controlo de fertilidade feito pelo agricultor tinha um impacto directo na produção unitária da cultura maior do que a fertilidade do solo em si. Através dos dois casos pode-se observar que as situações são diferentes e variam muito conforme o tipo de solos e as condições climáticas, mas, o objectivo é sempre o mesmo, ou seja, maximizar a produção e se possível diminuir a aplicação de fertilizantes. Segundo Daaloul Bouacha et al. (2014), a fertilização é o factor fundamental na relação entre as alterações climáticas e o azoto disponível no solo, sendo este exemplo crucial para entender o peso da fertilização na equação de factores que influenciam a produtividade e rentabilidade de uma cultura.

Entretanto, tal como já foi referido anteriormente, a fertilidade dos solos está a diminuir e mesmo os solos que têm elevados níveis de nutrientes disponíveis para as plantas e um elevado teor de matéria orgânica, estão a perder fertilidade e num futuro próximo necessitarão de uma estratégia alternativa que trave a erosão e as quebras de fertilidade ao mesmo tempo que possibilite um aumento da mesma. Em Portugal a grande maioria dos solos apresenta valores de matéria orgânica inferiores a 1%, o que representa solos que não contem uma base mineral suficiente para providenciar às culturas todas as suas necessidades de nutrientes. A erosão dos solos como uma das consequências da intensificação da actividade agrícola, retira-lhes fertilidade, sendo a redução da fertilidade dos solos uma das principais limitações para o desenvolvimento das culturas pela perda de

nutrientes que são fundamentais para o desenvolvimento. O problema é de tal gravidade que zonas que anteriormente tinham uma grande aptidão para a prática agrícola estão actualmente a tornar-se em zonas de reduzida fertilidade. As culturas cerealíferas são abandonadas ou substituídas por outras pouco exigentes e compatíveis com a baixa fertilidade, havendo até casos em que as zonas se tornaram inférteis com o tempo.

Para colmatar as necessidades das plantas, para que estas atinjam produções unitárias elevadas e com rentabilidade nas actividades, existem várias estratégias desde a rotação de culturas, que permite a fixação de nutrientes no solo para a cultura seguinte, a aplicação de fertilizantes químicos, a aplicação de fertilizantes orgânicos bem como a incorporação de resíduos vegetais, como palhas, no solo. Estas estratégias utilizadas singularmente ou em associação permitem aumentar as reservas de nutrientes disponíveis para as culturas, especialmente nas alturas de maiores necessidades e de maior eficiência de aproveitamento dos mesmos.

A fertilização é um dos factores que influencia e tem proporcionado grandes aumentos na produtividade das culturas ao longo das últimas décadas sendo portanto fundamental em sistemas agrícolas nos quais a maximização da produção unitária por área é um dos grandes objectivos. Segundo Duan et al. (2014), a produtividade em t/ha das culturas, está a aumentar muito mais lentamente do que a aplicação de fertilizantes nas mesmas. Ou seja, as aplicações de fertilizantes por hectare (ha) têm aumentado ao longo dos anos e esse aumento não se tem reflectido com eficiência no aumento proporcional da produtividade das culturas. No entanto, a tentativa de obtenção de grandes aumentos na produtividade desenvolveu novos problemas, como a aplicação excessiva de fertilizantes no solo, que resultou em graves problemas de poluição do solo e águas. Este, é um dos grandes factores negativos da fertilização a nível ambiental sendo também importante salientar que as matérias-primas que originam fertilizantes se assemelham aos combustíveis fósseis não havendo uma renovação natural dos mesmos. Sendo a fertilização mineral no entanto, apesar de alguns factores negativos, necessária e fundamental para o desenvolvimento correcto das culturas o problema será então a necessidade de aumentar a eficiência na aplicação de fertilizantes e ao mesmo tempo tentar diminuir as quantidades aplicadas, para que, se consiga retardar o desgaste das matérias-primas que dão origem aos adubos minerais utilizados nas culturas e também que os problemas de poluição diminuam.

## 2.4.2. Fertilização no Trigo

Os nutrientes dos quais as culturas necessitam são determinados por factores como o tipo de solo, o clima, o potencial de rendimento da espécie e da variedade e o sistema cultural. Assim, podemos esperar que uma cultura de trigo em Agricultura de Conservação tenha necessidades diferentes de uma cultura de trigo num sistema de agricultura convencional com o recurso a mobilizações do solo passando-se o mesmo quando climas e solos diferem.

As recomendações de fertilização normalmente baseiam-se nos resultados de ensaios de campo nos quais se verifica a resposta da cultura a diferentes quantidades de adubos aplicados. As curvas de resposta podem representar para cada ensaio a relação entre a quantidade de fertilizante aplicado e a rentabilidade económica da cultura. Neeteson e Wadman (1987), referem que através da curva de resposta é possível encontrar-se uma aplicação de fertilizantes óptima e económica para atingir uma produção máxima.

O trigo é um dos principais cereais cultivados em todo mundo e a sua fertilização mineral baseia-se de acordo com Sérgio et al. (2005), na aplicação de Azoto (N), Fósforo (P) e Potássio (K), os três macronutrientes fundamentais no desenvolvimento e no aumento da produção e da qualidade dos grãos na cultura do trigo. O fornecimento às culturas das quantidades adequadas de nutrientes é um dos factores mais importantes no aumento da produção também na cultura do trigo, tendo sido estimado que na década de 1970 a fertilização mineral possibilitou o aumento de produção em 50% nos países em desenvolvimento.

Segundo, Halvorson (1987), após recolha de várias fontes bibliográficas sobre o tema, as necessidades de Azoto variam entre 30 a 50 kg por tonelada de grão produzido, sendo o Azoto o nutriente principal no desenvolvimento e crescimento da cultura do trigo. Ainda de acordo com Halvorson, (1987), a eficiência do Fósforo é baixa, e apenas 15 a 20% da quantidade aplicada no ano de cultura será aproveitada pela cultura. As necessidades de Fósforo estão estimadas para o desenvolvimento vegetativo e produção de grão em cerca de 6 a 8 kg por tonelada de grão, enquanto, no que diz respeito ao Potássio apenas serão necessários cerca de 5 kg por tonelada de grão produzido.



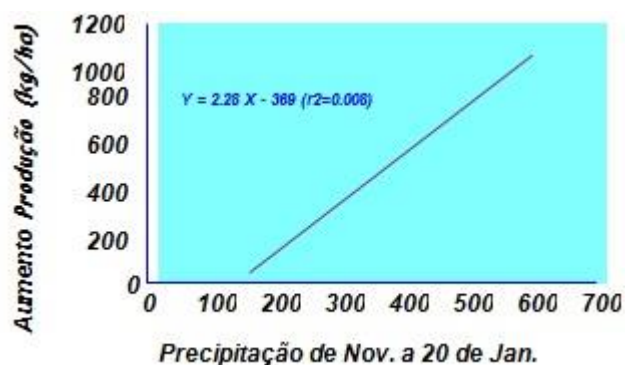
### 2.4.3. Azoto

De acordo com Benin et al. (2012), o Azoto é um dos constituintes das proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila, desempenhando um papel fundamental nos processos bioquímicos da planta, sendo um dos fertilizantes mais utilizados pelas plantas especialmente no trigo. Para Olson e Kurtz, (1982) citados por Gao et al. (2012) o Azoto, é um componente importante das proteínas, representando aproximadamente 17 % da sua composição. A concentração de proteína é influenciada pela taxa de N aplicada, pela eficiência de utilização do N aplicado, pelo timing e método de aplicação de N e também o equilíbrio entre as necessidades de N (potencial de rendimento) e as reservas de N no solo. Ou seja, se a quantidade de N disponível no solo, durante crescimento é baixa em relação ao potencial da cultura, o rendimento da cultura e a concentração de proteína aumentam com a aplicação de fertilizantes azotados.

A fertilização com azoto será portanto uma das operações mais importantes nas práticas agrícolas e o “ timing” da sua realização ainda permanece um desafio para os agricultores. Segundo Basso et al. (2013), as culturas com deficiência de Azoto tem uma reduzida capacidade fotossintética, perdem a sua cor verde, normalmente são vegetativamente menos vigorosas com quebras de biomassa, o que resulta numa reduzida produção de grão e em baixos teores de proteína destes. Dados da FAO (2008) citados por Basso et al. (2013), indicam que mais de 50% da população humana está dependente de fertilizações com Azoto para a produção de produtos alimentares. A necessidade da aplicação de Azoto surge se, a quantidade de Azoto que irá estar disponível durante todas as fases de crescimento e de desenvolvimento da cultura, for inferior ao potencial produtivo bem como à concentração de proteína desejada na produção final, aumentando estes teores se for aplicado Azoto. Para Gao et al. (2012) e Hawkesford (2014), a disponibilidade de Azoto é da maior importância, uma vez que este quando disponível tem impacto em todo o processo de crescimento e desenvolvimento da cultura, afectando a germinação das sementes, afilhamento, desenvolvimento da planta, e o enchimento do grão tendo assim impacto directo na produção unitária final na sua qualidade.

Retomando a discussão acerca da estratégia da adubação azotada nas culturas, nomeadamente na cultura do trigo, para Carvalho (2009) existe uma relação entre a precipitação de Inverno e a data da aplicação da primeira adubação azotada de cobertura

no aumento na produção de trigo, evidenciando a importância da oportunidade desta operação.



**Figura 1** - Relação entre a precipitação de Inverno e a data de aplicação da primeira adubação azotada de cobertura no aumento na produção de trigo. Fonte: (Carvalho 2009)

Nos anos nos quais o Inverno decorre com muita precipitação, o Azoto é o factor limitante à produção no sistema convencional com recurso à mobilização do solo. Nesse sistema e nesses anos segundo o mesmo autor, a impossibilidade de aplicação atempada de Azoto à cultura em adubação de cobertura, por impedimento de trânsito das máquinas sobre a mesma, impede que esta tenha à sua disposição o nutriente indispensável para após o afilhamento, na diferenciação das espigas, todo o potencial de plantas presentes se apresente à colheita com espigas normais. Ou seja, a planta mãe poderá eventualmente completar o seu ciclo, mas as plantas filhas por carência de Azoto, não o farão normalmente. O escasso numero de plantas à colheita, é então responsável pelas baixas produções nesses anos, no sistema convencional (Carvalho, 2009).

Para Benin et al. (2012), aplicar azoto em excesso pode contribuir para o fenómeno do acamamento da cultura do trigo, podendo resultar em quebras de produção na altura da colheita do mesmo, mostrando que nem todas as quantidades aplicadas sem critério na cultura resultam favoravelmente do ponto de vista agronómico, ambiental e económico.

#### **2.4.4. A influência do Azoto e da sua aplicação fraccionada na produção do Trigo**

Por ter, em geral, uma baixa eficiência de utilização no sequeiro Mediterrâneo o N é um factor limitante das produções de trigo em Portugal. Tal como já foi referido anteriormente o Azoto é o nutriente que desempenha o papel fundamental no desenvolvimento da cultura do trigo. Este influencia directamente os valores produtivos em toneladas por hectare (t/ha) com uma influência directa em várias fases de desenvolvimento da cultura, afilhamento, encanamento e enchimento do grão. Assim

sendo, será importante estudar pormenorizadamente quais os factores que influenciam a disponibilidade de Azoto no solo para a cultura, bem como as quantidades de azoto a aplicar no solo para que a cultura tenha uma elevada absorção de Azoto mineral. De acordo com Carvalho (2005), são muitos os factores que influenciam a disponibilidade de azoto para a cultura, sendo o “timing” da aplicação, o tipo de mobilização/sementeira, a cultura precedente, a quantidade de precipitação no Inverno dos factores principais, observando-se serem factores bastante variáveis sendo por isso bastante difícil para o agricultor interpretar todas as interacções intervenientes e proporcionar a melhor estratégia no benefício da cultura.

De acordo com Carvalho (2005) o aumento dos teores de M.O. no solo será a solução para o aumento da produção de trigo em condições climáticas mediterrâneas possibilitando até valores produtivos semelhantes aos de zonas climáticas como os climas temperados atlânticos.

#### **2.4.5. Fósforo**

O Fósforo é um importante macronutriente constituindo cerca de 0,2 % da matéria seca da planta. É um componente chave de moléculas como os ácidos nucleicos, os fosfolípidos e o ATP, sendo o crescimento das plantas como tal, impossível sem que estas tenham uma reserva de Fósforo (Schachtman et al. 1998). Segundo Theodorou, citado por Schachtman et al. (1998), o Fósforo tal como o Azoto também, está envolvido no controlo das reacções enzimáticas e na regulação do metabolismo da planta sendo a seguir ao Azoto, o segundo macronutriente mais limitante do crescimento e do desenvolvimento das plantas.

Schachtman et al. (1998) observou que, apesar da concentração de Fósforo no solo poder atingir valores altos, superiores até á quantidade ideal necessária para as plantas, o P presente no solo pode estar frequentemente indisponível. Num sistema agronómico em que a aplicação de P é fundamental para garantir a produtividade e o crescimento das plantas. A absorção pelas plantas, do P aplicado, é muito baixa pois cerca de 80% do P aplicado permanece no solo imobilizado e indisponível para a absorção pois está susceptível a fenómenos como a adsorção a precipitação ou a sua passagem à forma orgânica. De referir também que o Fósforo é um nutriente pouco móvel e de baixa solubilidade no solo, pelo que, em solos com pouca disponibilidade de água, ainda se torna

mais complicada a absorção de Fósforo mineral por parte das plantas. De facto para Kang et al. (2014), a mobilidade reduzida é associada ao Fósforo uma vez que este apenas se movimenta no solo através de difusão, processo este que é bastante lento.

Para o crescimento radical e para as propriedades das raízes é fundamental uma boa reserva de P no solo. Para Mahanta et al. (2014), o estudo acerca da eficiência da utilização do Fósforo tornou-se uma questão bastante importante no mundo agronómico uma vez que este apresenta a sua natureza e uma disponibilidade no solo limitadas.

De acordo com Wang et al. (2013), a percentagem de Fósforo no solo está entre os valores de 0,04-0,10%, e apenas 1 a 2,5% dessa percentagem é absorvida pelas plantas. Para reduzir as deficiências de Fósforo nas plantas são aplicadas a nível mundial, todos os anos, cerca de 30 milhões de toneladas de Fósforo. Destes 30 milhões, 80% “perdem-se” pois o Fósforo torna-se imóvel e indisponível para ser absorvido pelas plantas, através de fenómenos como a adsorção, a precipitação ou a conversão em matéria orgânica.

O Fósforo é pois também um nutriente fundamental para a cultura do trigo, sendo o segundo macronutriente de maior importância para a planta. Agronomicamente o P tem um efeito directo no crescimento radicular, na produção de grão e também na eficiência de utilização de água nas plantas de trigo (Kang et al. 2014). Mais de 70% do Fósforo pode ser absorvido pela cultura do trigo num solo com um elevado nível de fosforo, no entanto, num solo com valores baixos de Fósforo o nível de absorção vai aumentando conforme o aumento do Fósforo aplicado como fertilizante. Assim, de acordo com Wang et al. (2013), para evitar o aumento contínuo de aplicações de Fósforo no solo, será necessário melhorar a eficiência na utilização do Fósforo especialmente em solos com um baixo teor do mesmo. De facto, Kang et al. (2014), para comprovar os efeitos benéficos do Fósforo realizou um estudo de campo com diferentes quantidades e níveis de aplicação do nutriente, em diferentes alturas de desenvolvimento da planta, tendo concluindo que o P pode aumentar a capacidade produtiva de um trigo de Inverno em climas secos com pouca disponibilidade de água.

#### 2.4.6. Potássio

O Potássio é um macronutriente que nas plantas está associado a processos como a osmorregulação, a extensão celular, a regulação estomática, a activação enzimática, a síntese proteica e também a fotossíntese. Embora o K não faça parte da estrutura química das plantas, desempenha diversos papéis fundamentais na regulação das mesmas. O Potássio activa pelo menos 60 tipos diferentes de enzimas que estão envolvidas no crescimento da planta. A quantidade de K presente nas células determina as enzimas que são accionadas influenciando assim o crescimento das mesmas, influenciando diferentes processos que interferem directamente no crescimento das plantas, tais como a fotossíntese, a actividade estomática, o transporte de água e nutrientes, a síntese proteica, o transporte de açúcares, e conseqüentemente a qualidade das culturas (Amstrong & Griffin 1998). Segundo F. Yang et al. (2014), nas plantas o Potássio tem também o efeito de melhorar a qualidade das mesmas, oferecendo maior resistência a doenças aumentando também a qualidade final do produto. De acordo com Armstrong & Griffin, (1998) o Potássio desempenha de facto um papel fundamental na qualidade da cultura. Elevados níveis de Potássio disponíveis para a planta resultam num melhoramento da qualidade física da planta, na resistência a doenças e também na própria vida e duração dos frutos e vegetais utilizados para consumo humano.

Por conseqüente a deficiência de K pode causar uma redução no potencial produtivo e na qualidade das plantas mesmo antes dos sintomas aparecerem. Este factor torna-se bastante perigoso para os produtores que não conseguem manter os níveis suficientes de K no solo, detectando o problema já tarde, pois mesmo durante curtos períodos de tempo, deficiências de k, especialmente nas fases crucias do desenvolvimento da planta, podem causar graves perdas culturais.

O Potássio é essencial a todas as formas de vida seja ela animal ou vegetal e é o sétimo elemento mais abundante no planeta (Amstrong & Griffin 1998). Não está presente apenas nas plantas e animais mas também é encontrado em rochas, minerais, lagos, rios e oceanos. Os solos agrícolas podem conter na sua camada superficial de 2 a 30 toneladas de K por ha mas no entanto a grande maioria está em formas minerais insolúveis estando assim indisponível para a absorção pelas plantas (Amstrong & Griffin 1998). De facto segundo Armstrong & Griffin (1998), uma das grandes características do K entre os nutrientes essenciais, baseia-se na diversidade e no número de funções que este

desempenha nos processos químicos da planta. Para desempenhar estas funções variadas, a absorção de K e a sua utilização interagem com a disponibilidade e absorção de outros nutrientes essenciais. A disponibilidade e absorção de K são por vezes complicadas devido à interacção com vários componentes. Dois dos factores que são fundamentais na absorção do mesmo são as características do solo e da planta envolvidas. Um terceiro factor que aumenta a eficiência do K é um correcto plano de fertilização que pode ser utilizado para modificar as características do solo e plantas envolvidas na absorção de K.

A deficiência de Potássio no trigo pode causar sintomas de carência na própria folha, observando-se diferenças no tamanho e quantidade de plantas, bem como no comprimento das raízes. Num estado mais avançado de deficiência de K pode-se observar queimaduras nas pontas das folhas notando-se primeiro nas folhas mais velhas (Amstrong & Griffin 1998).

Com o potássio a qualidade das culturas aumenta e a sua capacidade para resistir e sobreviver a condições adversas aumenta. Uma quantidade suficiente de K no solo permite assegurar uma boa produção unitária da cultura, no entanto as reservas de Potássio são um problema crescente a nível mundial, sendo cada vez menor o potássio disponível no solo para as plantas (Zhao et al. 2014). As práticas agrícolas têm resultado numa redução do K disponível para as plantas ao longo de décadas. Um exemplo prático dessa redução é o exemplo dos Estados Unidos da América onde a cada ano é erodido/perdido mais K do que aquele que é aplicado nas culturas principais incluindo estas as culturas forrageiras e as culturas para feno (Amstrong & Griffin 1998).

A aplicação de Potássio a nível mundial é bem menor do que a aplicação de Azoto, e no trigo é o 3º macronutriente a seguir ao Azoto e Fósforo. Segundo Wang citado por Zhao et al. (2014), um aumento da tecnologia de fertilização permitiu aumentar a disponibilidade de K para as culturas mas no entanto não tem sido suficiente para colmatar o aumento do preço do potássio.

#### **2.4.7. Eficiência da aplicação de fertilizantes**

Tal como já foi referido, segundo Duan et al. (2014), desde a década de 60 do século XX que tem surgido um aumento da necessidade de cereais, nomeadamente de trigo devido ao rápido crescimento da população e ao desenvolvimento económico sendo,

que as perspectivas para as próximas décadas serão de um aumento populacional que irá afectar gravemente as reservas alimentares.

Sendo a fertilização das culturas um dos factores importantes na sua produtividade, O grande problema da fertilização segundo Duan et al. (2014), baseia-se no facto da capacidade produtiva das culturas evoluir de uma maneira muito mais lenta do que a quantidade de fertilizante que podem ser aplicadas, ou seja, de não haver uma correlação directa entre as quantidades de fertilizantes aplicados e a produtividade final.

Será também de realçar que segundo Yang et al. (2014), a poluição ambiental, seja de lençóis freáticos, reservas de água bem como do solo, está a aumentar com o aumento da aplicação intensiva de fertilizantes químicos no solo. O aumento de aplicação de fertilizantes resultou em problemas sérios, entre eles a degradação do ambiente incluindo a eutrofização das águas à superfície, a poluição das águas subterrâneas com nitratos, as chuvas ácidas, a acidificação do solo, o aumento da emissão de gases para a atmosfera entre outras formas de poluição do ar. Duan et al. (2014) alerta para o facto de, não sendo também os fertilizantes uma matéria renovável, as reservas de Azoto, Potássio e Fósforo mineral estão numa situação decrescente em oposto á sua procura que é cada vez superior.

Para Yang et al. (2014), os efeitos residuais, a degradação do solo, a inexistência de estratégias produtivas bem como outros fenómenos económicos e técnicos, estão a causar um declínio dramático na produtividade das culturas por unidade de fertilizante químico aplicado, pelo que serão necessárias estratégias alternativas para combater a erosão do solo bem como a diminuição da fertilidade do mesmo. A aplicação de resíduos animais no solo, com o objectivo de possibilitar uma síntese de nutrientes para a forma mineral ficando disponíveis para a cultura e permitindo reduzir na quantidade de fertilizantes químicos aplicados, poderá constituir-se como uma dessas possíveis estratégias, alternativa e complementar da utilização de adubos químicos. Se Boucha (2014), associa a resposta da cultura aos fertilizantes á disponibilidade de água no solo, especialmente em condições de climas secos, então a AC/SD que, tal como já foi referido, permitem uma maior disponibilidade de água no solo através da melhoria das suas propriedades físicas, químicas e biológicas, serão factores determinantes a considerar.

#### **2.4.8. A fertilização em Sementeira Directa e Agricultura de Conservação**

Ao promover o melhoramento da estrutura do solo, dos seus agregados e as suas propriedades físico-químicas e biológicas, a AC e a SD, revelam-se como uma alternativa eficaz ao sistema convencional com recurso à mobilização dos solos. O sistema AC/SD permite aumentar os teores de matéria orgânica dos solos, melhorar a sua estrutura, promovendo agregados e a sua estabilidade, aumentar a sua porosidade, e naturalmente, a eficiência de utilização de água. Com estes efeitos a AC/SD promoverá indirectamente um aumento na eficiência de utilização de outros factores, nomeadamente os fertilizantes, por parte das culturas.

A decomposição da matéria orgânica irá acelerar o processo de passagem de Azoto da forma mineral à forma orgânica promovendo uma redução nas perdas de azoto por volatilização ou por lixiviação no solo. A actividade biológica aumentada na M.O., influencia directamente a absorção de nutrientes por parte das plantas pois a disponibilidade de nutrientes aumenta através da actividade biológica. Apesar da informação disponível não ser abundante, é através do teórico aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, quando em Sementeira Directa e Agricultura de Conservação, que facilmente se conclui que esta correcção natural de fertilidade melhora os níveis de minerais disponíveis no solo. Essa estratégia pode atenuar o aumento da utilização de fertilizantes minerais, que utilizam matérias-primas, lentamente renováveis, com baixa eficiência de utilização e com resultados pouco sustentados ao nível agronómico, ambiental e também económico.

Segundo Ben Moussa-Machraoui et al. (2010), através da AC/SD é possível melhorar a estrutura de um solo de barro em condições semi-áridas aumentando as concentrações de carbono do mesmo. Apesar de 4 anos não terem sido suficientes para evidenciar os claros benefícios do sistema, foi evidente a evolução favorável do solo, permitindo não só aumentar os teores de carbono do mesmo bem como a concentração de alguns macronutrientes fundamentais para o desenvolvimento das culturas tais como o N,P e K. Além destes factores positivos, a não mobilização do solo e a manutenção dos resíduos das culturas á superfície, permitiu também uma protecção do solo e uma diminuição da evaporação de água, enquanto o melhoramento da estrutura permitiu uma maior infiltração da mesma, aumentando assim, as reservas de água no solo o que naturalmente influenciou um melhor aproveitamento de adubos por parte das culturas, quando aplicados na altura indicada. Este factor é importante na gestão dos recursos, uma



vez que, ao diminuir a aplicação de adubos de síntese química, a poluição bem como as elevadas concentrações de nitratos nos lençóis freáticos irão consequentemente diminuir.

Também de acordo com Derpsch et. al. (1991) e Crovetto (1992) citados por Freixial & Carvalho, (2013) a SD tem feitos positivos nas propriedades físico-químicas mais importantes do solo. O aumento dos teores de M.O. no solo contribuem para um melhoramento da estrutura dos solos e dos seus agregados aumentando a capacidade de retenção e armazenamento de água dos mesmos. Ao influenciar positivamente a estrutura do solo, o sistema AC/SD permite, ainda que de forma lenta, a melhoria da estrutura química do solo aumentando a fertilidade do mesmo. Esta melhoria permite uma diminuição a longo prazo da aplicação de factores de produção nas culturas, nomeadamente fertilizantes, permitindo assim uma diminuição nos custos de produção de uma cultura. De facto, alguns dos benefícios resultantes da adopção da AC/SD, são imediatamente evidentes, enquanto outros apenas se farão notar a médio e longo prazo de acordo com o Quadro 4

**Quadro 4-** Fases de Transição para AC/SD Fonte: (Carvalho & Freixial, 2013)

<b>Fase Inicial</b>	<b>Transição</b>	<b>Consolidação</b>	<b>Manutenção</b>
<b>0 – 5 anos</b>	<b>5 – 10 anos</b>	<b>10 – 15 anos</b>	<b>15 – 20 anos</b>
Estruturação do solo	Aumento Teor M.O.	Elevada Quantidade Resíduos	Fluxo Contínuo de C e N
Baixo Teor M.O.	Maior Quantidade de Resíduos	M.O. Elevada	Maior Retenção Água
Baixa Quantidades Resíduos	Aumento P	Maior Disponibilidade Água	Elevada Reciclagem Nutrientes
N Imobilizado	N imob.> N. Mineraliz.	N. Imob. ≤ N. Mineraliz.	Redução Adubação (N e P)
		Elevada C.T.C.	
		Elevada Reciclagem Nutrientes	

O aumento da actividade biológica do solo é outro ponto fundamental que se deve abordar na influência da AC/SD na fertilização de uma cultura. Segundo Blank (2008), a comunidade de organismos presentes num solo estruturado com o sistema AC/SD constitui o Soil Food Web. É esta actividade biológica que melhora e aumenta quando em AC/SD, criando uma eficaz estrutura e porosidade no solo, melhorando o arejamento e também a taxa de infiltração do mesmo. No entanto não é só na estrutura física do solo que a actividade biológica tem impacto, esta, também tem uma grande influência na disponibilidade de nutrientes presentes no solo uma vez que está directamente relacionada com a capacidade de retenção de nutrientes no mesmo. É nas elevadas concentrações de bactérias, fungos, minhocas e outros organismos que poderão estar grandes quantidades de nutrientes armazenados, que depois de se relacionarem entre si no sistema possibilitam a reciclagem de nutrientes para as plantas (Freixial & Carvalho 2013). Estes organismos estão dependentes dos níveis de matéria orgânica no solo, pois, tal como um ser humano precisa de alimentação para sobreviver e se desenvolver, também o solo e os seus organismos precisam de matéria orgânica para se desenvolver e manter o sistema do solo activo, só assim poderá haver uma evolução positiva e a criação de condições ideais para o desenvolvimento das plantas. Realça-se com isto a importância do sistema AC/SD em que o aumento de matéria orgânica é privilegiado como já acima referido.

As vantagens e os benefícios do sistema AC/SD na fertilização não se demonstram apenas nas melhorias físico químicas que o sistema poderá oferecer quando utilizado. Ao possibilitar uma melhoria na estrutura física e química do solo o sistema permitirá a alteração de algumas práticas agronómicas em relação ao típico sistema convencional e suas fertilizações. De facto de acordo com Freixial (2009), do ponto de vista prático, o sistema AC/SD oferece uma maior oportunidade de sementeira permitindo até que esta aconteça eventualmente em períodos com precipitação e humidades relativas altas, e ainda tal, como na sementeira, também o timing e forma de aplicação da adubação podem ser alterados. Esta alteração baseia-se no facto de existirem alguns efeitos prejudiciais na aplicação de fertilizantes localizados na linha de sementeira, quando estes são aplicados em quantidades superiores às máximas. De facto, o princípio que está na base da localização do fertilizante na linha e abaixo da semente, baseia-se no pressuposto da friabilidade do solo impedir o contacto directo daquele com a semente. Nem sempre o solo está friável para assegurar este princípio. Com o solo plástico, existe o risco da semente ficar em contacto íntimo com o fertilizante, o que não garante seguramente boas condições

para a germinação e emergência da plântula. Posto isto, por vezes é aconselhada uma adubação à superfície para evitar o problema acima descrito, sendo por isso a SD uma prática que facilita a decisão uma vez que oferece uma elevada transitabilidade das máquinas sobre o terreno, mesmo em períodos com precipitação e humidades relativas altas.

Após os primeiros anos em AC/SD, a distribuição do fertilizante em operação separada (antes ou depois) da sementeira, permitirá o estabelecimento na camada superficial do solo na qual se situa a maior densidade de raízes, de uma quantidade homogênea de nutrientes à disposição daquelas (CARVALHO, 2009). A necessidade de realização de duas operações separadas (sementeira e adubação), é amplamente compensada pela maior autonomia e rendimento de trabalho do semeador na versão “Seed”, sendo a distribuição de adubo a lanço uma operação com um elevado rendimento de trabalho e portanto muito rápida. A maior oportunidade de sementeira no sistema de AC/SD, permite que esta aconteça eventualmente em períodos com precipitação e humidades relativas altas (FREIXIAL, 2009). Nestas condições, os semeadores que “fazem” o fertilizante em simultâneo, não podem operar devido à elevada higroscopicidade deste perturbar o seu funcionamento. A durabilidade e a manutenção de semeadores adubadores de custo mais elevado comparativamente com a versão “Seed”, são também fortemente prejudicadas pela acção corrosiva da maior parte dos fertilizantes.

Ainda segundo FREIXIAL (2009), a distribuição de adubo à superfície, efectuada com um equipamento convencional de distribuição de adubo, pode em função do dia-a-dia na exploração, ser feita antes ou após a sementeira, o que confere uma extraordinária versatilidade na programação das operações, impossível de pensar no sistema convencional, se bem que e sobretudo, com o solo plástico, seja de evitar o trânsito de máquinas após a sementeira, para que nada de prejudicial à emergência possa ocorrer (compactação da linha de sementeira).

#### **2.4.8.1. A fertilização azotada**

Segundo Domingues (1997) citado por Carvalho (2009), a ausência de mobilização do solo em AC/SD, a existência de resíduos à superfície, a melhor taxa de infiltração de água destes solos, e o aumento do teor de M.O. influenciam a eficiência da adubação azotada. A sementeira directa não apresentando apenas vantagens, apresenta também

ainda soluções para desvantagens, nomeadamente no que diz respeito às perdas por desnitrificação, sendo estas compensadas pela melhoria que se verifica na drenagem interna que permite uma redução do encharcamento. De acordo com Mc Mahon et al, (1976), se a maior quantidade de água dos solos em SD e a macroporosidade contínua pode facilitar a lavagem, a menor concentração de nitratos dificulta-a e se a presença de resíduos e a aplicação de fertilizantes à superfície podem criar condições para maiores perdas por volatilização em SD. No entanto uma maior oportunidade de efectuar aplicações de acordo com as condições meteorológicas esperadas e as necessidades da cultura e a escolha da forma de azoto a aplicar permitem contornar o problema (NÔMMIK, 1973).

A menor taxa de mineralização da M.O. em AC/SD, disponibilizará menores quantidades de Azoto para a cultura, sobretudo na fase de transição do sistema, mas o aumento do teor em M.O. dos solos que se regista à posterior, fará com que a mineralização do Azoto se sobreponha à sua imobilização (Derpsch, 2008).

De acordo com Friedrich & Kassam (2012) existe o mito de que ao alterar a cultura para uma prática de SD tem que ser aumentada a aplicação de fertilizantes, principalmente de azoto. De facto o desenvolvimento da matéria orgânica, através de processos naturais, apenas ocorre se a quantidade de carbono disponível for igualada quantidade igual de N. Em Sementeira Directa, ao contrário de um sistema com mobilizações e reviramento de solo, a decomposição das palhas ocorre apenas através do contacto dos microorganismos com os resíduos, em solos degradados, o nível de nutrientes no solo tende a aumentar nos primeiros anos até que o sistema atinga valores mais aceitáveis necessitando portanto um maior input de nutrientes. No entanto essa necessidade de aplicar maiores concentrações de nutrientes é contrariada pela redução da perda de fertilizantes e nutrientes através da erosão. Além disso, ao não ocorrer a mobilização é possível proporcionar melhores condições para um melhor desenvolvimento radicular das plantas e, conseqüentemente, uma maior absorção de nutrientes quer através do desenvolvimento radicular quer através de um aumento de matéria orgânica, ácidos orgânicos, e organismos vivos tais como micorrizas. Em geral, há muitos sistemas que quando se alteram para um sistema com a prática de SD não necessitam de um aumento de aplicação de fertilizantes. Caso seja necessário aplicar elevadas taxas de fertilizantes, tratar-se-á de uma questão de tempo até que a fertilidade do solo seja recuperada. Em geral, a experiência a longo prazo mostra um

aumento significativo do rendimento com uma redução significativa das necessidades de fertilização, podendo atingir-se os 50% de redução de aplicação de produtos químicos (Friedrich & Kassam 2012).

Pode-se assim concluir que a consolidação do sistema de AC/SD não só não obriga a uma necessidade de aumento das quantidades a utilizar deste nutriente, como poderá permitir ainda uma redução nas quantidades utilizadas. A grande mobilidade do Azoto no solo e nas plantas e a maior facilidade em AC/SD de se efectuarem as operações culturais como a adubação de cobertura, permite que a forma privilegiada de aplicação do adubo seja à superfície mesmo na adubação à sementeira.

#### **2.4.8.2. A fertilização fosfatada e com potássio**

Em AC/SD, o Fósforo e o Potássio, que são nutrientes com pouca mobilidade no solo, apresentam uma distribuição à superfície, o que juntamente com a acumulação dos resíduos da cultura anterior, pode provocar uma estratificação das camadas superficiais, podendo dar lugar a uma menor disponibilidade destes nutrientes para as culturas. Através da análises de vários autores, tais como Kunishi et al. (1986), Sing et al. (1966) e Triplet e Van Doren (1969), não se registaram diferenças significativas na absorção de Fósforo e Potássio quer seja numa aplicação à superfície, quer sejam incorporados no solo, tendo até sido detectada nalguma ocasião, maior absorção de Fósforo pelas plantas quando este foi aplicado à superfície em SD.

Halvorson e Havlin (1992) não encontraram também, resposta à localização de Fósforo mesmo em solos com teores muito baixos deste nutriente, o mesmo tendo sido comprovado por Chen e Mackenzie (1993) e por Triplet e Van Doren (1969), relativamente ao Potássio. Apesar destes factores, ao olharmos para as características de Fósforo e Potássio mencionadas em pontos anteriores, verificamos que mesmo em um sistema de agricultura convencional o Potássio e o Fósforo são dois nutrientes bastantes imoveis que predominam principalmente na camada superficial do solo, sendo quase sempre em formas minerais insolúveis, estando indisponível para absorção pelas plantas (Armstrong & Griffin, 1998).

Assim sendo, e apesar da baixa mobilidade destes nutrientes no solo, o sistema AC/SD poderá ter uma função importante na disponibilização de Fósforo e Potássio para a cultura. Isto deve-se a vários factores que o sistema AC/SD permite, desde uma melhoria

da oportunidade de sementeira através do tipo de sementeira com não mobilização, e consequentes condições favoráveis para a adubação, bem como, a evolução do solo como um organismo vivo possibilitando o armazenamento e reciclagem de Fósforo e Potássio para as culturas.

É ainda importante realçar que não é só através do melhoramento da estrutura do solo e sua camada superficial que é beneficiada a adubação de fósforo e potássio quando em AC/SD. Tal como já o foi referido acima, uma das grandes características deste sistema é aumentar a actividade biológica do solo trazendo consigo algumas vantagens para a absorção de nutrientes pouco móveis para as culturas, como é o caso do Fósforo e Potássio. Um exemplo desse facto é a contribuição que as micorrizas têm para a disponibilização de Fosforo e Potássio para as plantas, em especial o Fosforo. Já anteriormente abordado em cima, o solo pertence a um sistema vivo que beneficia a evolução e desenvolvimento das plantas. Um dos constituintes desse mesmo organismo vivo, ou como acima foi descrito Soil Food Web, é a actividade que as micorrizas desempenham. De acordo com Heijden & Sanders (2002) as associações micorrízicas devem ser sempre consideradas quando se tenta entender e evolução das plantas e o seu ecossistema. As micorrizas são reconhecidas pela sua habilidade em estimular o crescimento das plantas principalmente através do incremento na absorção de nutrientes em geral e fósforo em especial (Heijden & Sanders 2002). É através disto que é importante referir a importância das micorrizas neste sistema AC/SD, ou seja, ao considerarmos o sistema como um sistema complexo que tem uma grande variedade de factores influentes, não se pode deixar de parte a influencia, já reconhecida cientificamente, que os organismos vivos, tais como fungos, bactérias e neste caso micorrizas, desempenham no apoio ao desenvolvimento das plantas. De acordo com Newman 1998 as funções das micorrizas vão além da nutrição de plantas individualizadas, estas, desempenham um papel fundamental na estruturação das comunidades vegetais, o que contribui para a evolução do sistema orgânico do solo.

Com base nestes factores é importante realçar a importância da AC/SD uma vez que é a SD, ou seja, a não mobilização do solo que permite uma evolução do solo no sentido de melhorar os seus agregados, aumentar as suas concentrações de carbono orgânico e consequente matéria orgânica, aumentando assim a actividade biológica do solo (fungos / bactérias) o que irá contribuir no caso especial das micorrizas para uma maior eficiência de absorção de fósforo e potássio por parte das plantas.

#### 2.4.9. Aplicação de Resíduos Animais nas culturas

A aplicação de estrume no solo é uma prática comum, que tem sido utilizada desde há alguns séculos pois tais compostos orgânicos fertilizantes, podem aumentar o teor de matéria orgânica do solo e a produtividade das culturas (Blair et al. 2006). De facto, também segundo Mira Galvão (1943), a acção melhoradora resultante da aplicação de estrume ao solo era notória através da melhoria das suas propriedades físico-químicas, sendo ainda mais acentuada e duradoura do que a da matéria orgânica verde (sideração). Ainda segundo Mira Galvão (1943), “Basta empregar uma estrumada sobre uma mancha de terreno onde se encontre com abundância a erva azeda (*Rumex bucephalophorus* L) que, como se sabe, é um indicador de excessiva acidez do solo, para que os *Rumex* diminuam ou desapareçam e a produtividade da terra aumente, chegando a não se notar a acção nociva da acidez sobre a vegetação das searas e sua produtividade”. Preconizava-se então (Mira Galvão,1943), o aproveitamento das palhas e resíduos vegetais e a sua transformação em estrumes, juntamente com o criterioso emprego dos estrumes de curral e sintéticos, estrumadas de ovelhas à rede, e o aumento das forragens conservadas como forma de aumentar os efectivos pecuários do qual resultaria como consequência, uma maior produção de estrumes, fonte principal da matéria orgânica mais preciosa para o terreno.

Já pelo Carnaval de 1934, a questão da baixa fertilidade e dos baixos teores de matéria orgânica dos solos do Alentejo eram discutidos, tendo João Vasconcelos e Sá (1934) aproveitado a presença do então Ministro da Agricultura o Eng.º Leovigildo Queimado Franco de Sousa num almoço em Évora com agricultores, para abordar ironicamente a questão centrada na ideia da necessidade de aplicação de estrumes ao solo com forma de aumentar a sua fertilidade o que em plena época de início da generalização da utilização de adubos químicos de síntese pareceria desadequado. Não obstante a ironia e a graça da “obra”, o Ministro tinha razão. Ou seja, os nossos solos já nessa época necessitavam de M.O., pelo que o refrão de João Vasconcelos e Sá no Carnaval de 1934, “precisamos de merda, Sr. Soisa, e nunca precisámos d'outra coisa!” era na altura, tal como hoje, muito pertinente. De facto, “Em vão esta Província inteira/desmoita, lavra, atalha a sementeira,/suando até à fralda da camisa./Falta a matéria orgânica precisa,/na terra que é delgada e sempre fraca!/A matéria, em questão, chama-se caca ”.

“Mutatis mutandis”, hoje os sistemas tidos como mais intensivos, mobilizam intensamente os solos prejudicados nas suas características físicas, químicas e biológicas, consumindo quantidades significativas de horas de trabalho e de combustíveis fósseis (como combustível nas máquinas e para a obtenção de fertilizantes e pesticidas), que juntamente com outros factores de produção são transformados no processo produtivo, com uma muito baixa eficiência de utilização.

Blair et al. (2006), refere que os sistemas agro-pecuários ou com produção animal mais intensiva, podem ser também a médio e longo prazo, interessantes na reciclagem de nutrientes. Estes são muitas vezes desaproveitados, pois as explorações com uma componente pecuária forte, terão facilidade em ter grandes quantidades de estrume, para serem aplicados nas culturas com impactos positivos na estrutura física, química e biológica e na fertilidade do solo. Apesar da aplicação de estrume com o objectivo de reforçar a fertilidade de um solo poder ser uma alternativa, não é um mecanismo totalmente aceite e de utilização generalizada. Exemplo disto o Japão, onde, Kato & Yamagishi (2011), observaram que apenas 55% do estrume era reutilizado nos solos agrícolas em 2002, o que nos poderá indicar que é uma prática que não está totalmente aceite e adoptada pela comunidade agrícola, não sendo os seus benefícios ainda bem conhecidos ou divulgados. A verdade no entanto é, que para Tilman (2002), citado por, Kato & Yamagishi (2011), o aumento da reutilização do estrume nos solos agrícolas poderá permitir uma reciclagem dos recursos naturais, neste caso dos nutrientes, de um agro-ecossistema.

As características biológicas do estrume animal são caracterizadas pela espécie animal utilizada, pelo tipo de alimentação, pelo tipo de exploração do animal e também pelo tipo de alimento, armazenamento e maneo do próprio estrume. Por exemplo, os resíduos de suínos pelas suas características químicas têm um grande potencial fertilizante, que pode substituir, em parte, os fertilizantes minerais no aumento da produtividade das culturas. Além deste potencial os resíduos possibilitam uma redução no custo da cultura uma vez que oferecem uma diminuição nos fertilizantes químicos utilizados, especialmente se os resíduos forem da própria exploração. A sua aplicação no solo será uma alternativa para reduzir o potencial poluidor destes para o ambiente ao mesmo tempo com benefícios técnicos e económicos, permitindo uma interacção produtiva entre a produção animal e a produção agrícola promovendo uma sustentabilidade



económica (Sartor et al. 2012). Para Lyon & Hergert (2012), a aplicação de estrume permite aumentar o teor de matéria orgânica do solo e também auxiliar na fertilização das culturas. Os benefícios do estrume vão desde o aumento da quantidade de matéria orgânica no solo, estabilidade dos agregados e disponibilidade de nutrientes. O estrume acrescenta naturalmente nutrientes aos disponíveis para as culturas no solo, embora existam no entanto, nutrientes que apenas se vão disponibilizando gradualmente de acordo com a natureza e constituição do estrume (Mao et al. 2008).

#### **2.4.10 Aplicação de Resíduos Animais em AC/SD**

Tal como foi abordado no ponto anterior, são vários os benefícios conhecidos da aplicação de resíduos animais num solo. Esta aplicação poderá permitir um melhoramento dos agregados do solo, o aumento dos teores de matéria orgânica e ainda um aumento da disponibilidade de nutrientes (Mao et al. 2008). Jarecki e Lal (2003), citados por Jiao, Whalen, & Hendershot em 2006 referem que a aplicação de estrume permite aumentar os “inputs” de carbono no solo originando conseqüentemente um aumento da concentração de carbono orgânico no solo. Assim, a aplicação de estrume no solo, irá promover, ainda que a longo prazo, um aumento da actividade biológica do mesmo, sendo vários os estudos que indicam que alguns nutrientes são libertados gradualmente do composto orgânico do estrume. Esta libertação de nutrientes irá depender da natureza e origem do mesmo, bem como, do seu tipo de armazenamento (Mao et al. 2008). Para Xu et al. (2008), ao combinar a aplicação de estrume com a aplicação de fertilizantes químicos será possível aumentar a fertilidade desse solo, bem como, aumentar a eficiência de absorção do fertilizante aplicado. Sendo vantagem já reconhecida por Reganold (1995), Conacher J and Conacher A. (1998) e Liu et al. (1996), que estudaram e verificaram este benefício da aplicação de estrume em associação com a aplicação de fertilizantes (Xu et al. 2008). Ou seja, a aplicação de resíduos animais combinada com a aplicação de fertilizantes poderá manter o equilíbrio dos nutrientes no solo, alterar as propriedades físicas e químicas do mesmo, aumentar a matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes, diminuir a taxa de perda de fertilizantes, e conseqüentemente, aumentar a fertilidade do solo e produtividade do ecossistema. A adubação orgânica pode melhorar a qualidade do solo e é mais rentável na protecção do meio ambiente comparado com a aplicação de fertilizantes químicos sozinhos (Xu et al. 2008).

Tal como é importante estudar e relacionar a aplicação de resíduos animais em associação com fertilizantes químicos no solo, também, será bastante importante para um sistema rentável e eficiente conhecer as vantagens e desvantagens da aplicação de estrume num sistema em que não existe a mobilização de solo. De facto um estudo realizado por Jiao, Whalen, & Hendershot em 2006, revelou que ao adoptar um sistema sem mobilização de solo em associação com uma aplicação de um composto de resíduos animais de bovinos, o sistema apresentou um aumento do teor de carbono orgânico no solo e uma consequente melhoria da estrutura do mesmo quando comparado com um sistema de aplicação de resíduos em associação com mobilização do solo. Os autores concluíram assim que a aplicação de estrume em associação com a não mobilização do solo poderá evoluir a longo prazo para um aumento de carbono orgânico no solo e melhoria da estrutura do mesmo o que coincidirá com um aumento de matéria orgânica e também uma maior retenção de carbono, Azoto, Fosforo e Potássio por parte do solo, referindo no entanto, que mais estudos serão necessários para comprovar os efeitos a longo e a médio prazo de uma aplicação de estrume num sistema em Sementeira Directa.

Perante todos estes factores verifica-se que a aplicação de estrume poderá ser uma grande vantagem para um sistema, seja ele em AC/SD ou em agricultura convencional, com mobilizações de solo. Se nesta pesquisa bibliográfica, foi constante a referencia dos autores consultados e citados à necessidade de serem realizados mais estudos e verificar mais possibilidades da aplicação de resíduos de animais, fica assim evidente a janela de oportunidade para a realização do presente e demais estudos, ou seja, relacionar a aplicação de estrume com a aplicação de fertilizantes num sistema em AC/SD.

São vários os estudos disponíveis sobre a aplicação de resíduos animais em mobilização convencional, são vários os estudos sobre as possíveis vantagens da aplicação de estrume em associação com fertilizações de solo, sendo bastante menos, os estudos sobre a evolução do sistema do solo quando o mesmo se encontra em sementeira directa. Posto isto, esta lacuna de dados e conhecimentos sobre a associação de factores (Estrume / Fertilizantes / AC/SD) levou ao interesse do presente estudo, onde se relacionam a aplicação de diferentes quantidades de estrume com diferentes quantidades de fertilizantes num sistema AC/SD numa cultura de Outono/Inverno regada, o Trigo.

## **3. Material e Métodos**

### **3.1. Localização**

Os ensaios foram realizados na Herdade da Parreira, situada na região do Cíborro, distrito de Évora, 38°80'N latitude e longitude 8°24'W, no ano agrícola de 2013/2014.

A Herdade da Parreira caracteriza-se por possuir um sistema de produção agro-pecuário com sementeira directa e em agricultura de conservação onde a actividade principal é a produção de bovinos de carne (vacas aleitantes, recria de fêmeas para substituição e engorda de novilhos). A herdade possui uma área de 700 ha, dos quais 170 são utilizados para a produção de culturas arvenses de regadio nomeadamente as pastagens e forragens com o objectivo de fornecer alimentos para as necessidades do efectivo pecuário da exploração nas suas distintas componentes. Assim, o aproveitamento no solo de quantidades significativas dos resíduos provenientes dos animais de recria e engorda da exploração poderá ser um factor bastante importante tanto para a sustentabilidade ambiental como para a económica da exploração. Estudar a eficiência da utilização do estrume como complemento e substituição da fertilização mineral das culturas e na contribuição para o aumento da matéria orgânica do solo, melhoria da estrutura e da sua fertilidade, será útil especialmente para explorações dentro deste sistema e com este tipo de produções.

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO Edafo-Climática

### 3.2.1 Caracterização do Solo

Os solos da zona na qual os ensaios foram implantados estão cartografados segundo Carvalho Cardoso (1965), como sendo solos Mediterrâneos Pardos Para-Hidromórficos de "arkoses" ou depósitos afins (Pdg). Os solos mediterrâneos pardos para-hidromórficos de "arkoses" ou depósitos afins (Pdg) são uma família de solos que pertencem ao subgrupo dos solos Mediterrâneos Pardos Para-Hidromorficos dentro dos Solos Mediterrâneos Pardos de Materiais não Calcários.

#### **Solos Mediterrâneos Pardos Para-Hidromórficos de "arkoses" ou depósitos afins (Pdg)**

*Horizonte A1 - 15 a 30 cm; pardo, pardo-escuro ou pardo-acinzentado; arenoso ou franco-arenoso, com elevada percentagem de areia grossa e saibro; sem agregados ou com estrutura granulosa fina fraca; muito friável. Transição nítida para*

*Horizonte B - 20 a 60 cm; pardo-acinzentado ou cinzento-claro; argiloso, com elevada percentagem de areia grossa e saibro; estrutura prismática grosseira fraca ou maciça; com películas de argila nas faces dos agregados; aderente, plástico, muito firme e muito ou extremamente rijo. Transição gradual para*

*Horizonte C - Material originário: "arkoses" ou depósitos afins.*

Segundo Carvalho Cardoso (1965), Os Solos Mediterrâneos Pardos de Materiais Não Calcários desenvolvem-se em relevo normal, por vezes subnormal, este especialmente no caso dos Para-Hidromórficos. Em "Os Solos de Portugal" (Carvalho Cardoso, 1965), não existem dados analíticos físicos e químicos respeitantes a perfis de Solos Mediterrâneos Pardos de Materiais Não Calcários da Família Pdg nem informação acerca da mineralogia da areia fina, mineralogia da argila ou micromorfologia pelo que nos limitamos a apresentar algumas considerações sobre a génese dos Solos Mediterrâneos Pardos de Materiais Não Calcários, também de acordo com Carvalho Cardoso (1965).

A opção de instalação dos ensaios nestes solos encontra justificação pela sua representatividade na região e por ser um solo onde o aumento das áreas de culturas herbáceas extensivas, nomeadamente as proteaginosas, os cereais para grão e as

pastagens e forragens é previsível nos actuais sistemas de exploração, tendo em atenção a necessidade de adopção de sistemas produtivos perfeitamente coerentes com as actuais e futuras orientações da Política Agrícola na Comunidade,

### 3.2.2 Caracterização Climática

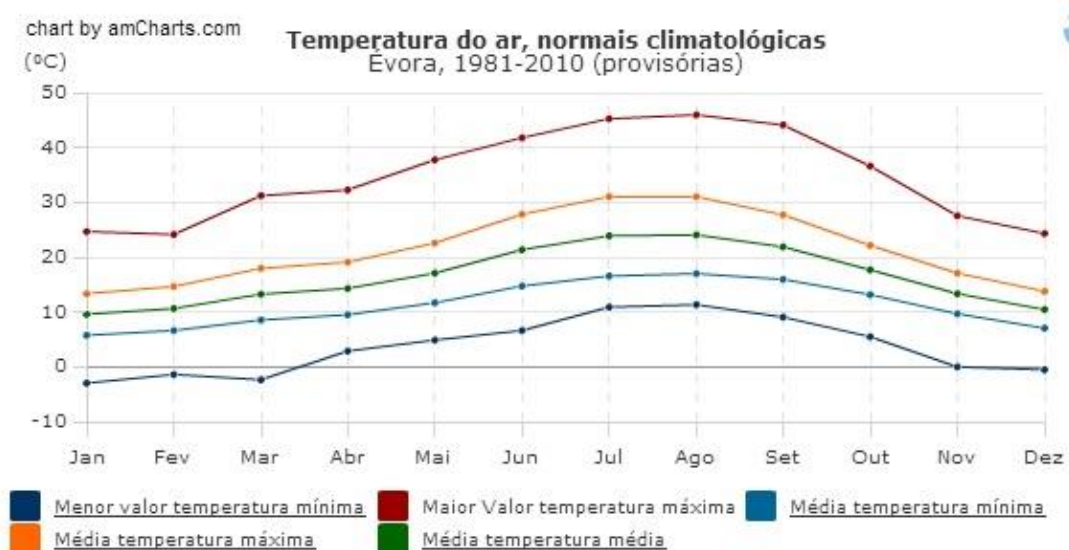
Neste trabalho optou-se por trabalhar e apresentar os dados relativos à Estação Meteorológica da Universidade de Évora que serão comparados com os dados de 30 anos da Estação do I.P.M. em Évora.

Assim, além dos valores de temperaturas e precipitação dos últimos 30 anos, só apresentados os valores relativos ao ano agrícola de 2013/2014 com os elementos climáticos que consideramos de maior pertinência.



**Figura 2-** Precipitação (mm) Évora - 1981 - 2010 Fonte: (Instituto Português de Meteorologia)

De acordo com os valores acima representados das médias mensais de precipitação ocorridas em 29 anos (1981 a 2010), podemos verificar que os valores seguem o padrão geral do clima mediterrâneo da zona, sendo os meses de verão, meses com valores médios de precipitação bastante baixos e os meses de Inverno os meses onde se verificam maiores valores médios de precipitação.



**Figura 3** - Temperatura do ar (°C) Évora 1981 – 2010 (Fonte: Instituto Português de Meteorologia)

A partir da *Figura 3* podemos verificar que relativamente à temperatura é no verão onde se atingem os valores médios de temperatura mais elevados em oposição ao padrão do gráfico da precipitação. Sendo o período de Novembro a Março o período com valores inferiores de temperatura período este fundamental para o desenvolvimento e crescimento da cultura do trigo.

**Quadro 5** – Dados climatológicos do ano agrícola 2013/2014 (Fonte: Universidade de Évora – Centro de Geofísica)

Mês	Tar (C)	Tmax (C)	Tmin (C)	HR %	Rs (w/m2)	v ( m/s )	P (mm)
set-13	22,2	30,1	15,4	48,38	225,28	1,56	55,72
out-13	17,3	23,1	13,2	62,04	148,82	1,56	120,00
nov-13	10,7	15,7	6,6	59,93	120,98	2,14	6,17
dez-13	9,3	14,4	5,0	61,91	97,83	1,76	85,17
jan-14	9,6	13,5	6,3	73,80	79,58	2,06	80,61
fev-14	9,2	13,6	5,4	72,19	112,63	1,97	156,02
mar-14	11,9	17,5	7,2	58,93	196,41	2,18	52,74
abr-14	14,4	20,5	9,7	65,24	203,84	1,69	105,67
mai-14	17,5	25,1	11,1	50,73	311,87	2,44	17,11
jun-14	20,2	28,0	13,9	50,16	307,06	2,00	16,32
jul-14	23,1	32,0	15,8	49,31	318,34	2,14	4,18
ago-14	23,9	32,8	16,8	46,99	309,98	2,46	0,00

Através da análise do *Quadro 4* podemos entretanto observar que o ano no qual se desenvolveu o estudo, apresentou valores de temperatura média mensal próximos dos valores normais para o período de Inverno, Primavera e Verão enquanto, no que diz respeito à precipitação, os valores de 6,17mm registados em Novembro devem ser

considerados fora do normal por estarem bem abaixo dos valores normais para essa época do ano.

### **3.3 Objectivo e Potencial do Estudo**

O estudo realizado teve como objectivo estudar a eficiência da utilização de estrume como complemento à adubação mineral para a cultura do trigo mole (*Triticum aestivum*), bem como ferramenta útil no melhoramento das características físicas, químicas e biológicas do solo.

Pretendeu-se com este trabalho estudar a importância da aplicação de estrume na absorção de nutrientes pela cultura do trigo mole num sistema de agricultura de conservação com sementeira directa. O estudo procurou entender qual a importância da aplicação de estrume no solo em sementeira directa e até que ponto essa aplicação poderia influenciar a quantidade de nutrientes disponíveis para a cultura do trigo neste sistema permitindo uma diminuição de forma significativa, na aplicação de adubos químicos.

No sentido prático e na óptica do agricultor, este estudo permitir-lhe-á conhecer a eficiência da utilização de resíduos orgânicos por parte da cultura de trigo num sistema em sementeira directa. De facto, se como resultado dessa aplicação, a fertilidade dos seus solos aumentar, o agricultor poderá diminuir a quantidade de adubos químicos utilizados, mantendo igualmente a quantidade de nutrientes ideal no ciclo de nutrientes do solo o que para além do aumento na eficiência do seu sistema com uma diminuição de custos, permite encontrar uma alternativa sustentável para a utilização dos dejectos da sua exploração, reciclando-os.

### 3.4. Técnica Cultural

Com o objectivo de estudar a eficiência da utilização de estrume de bovinos como complemento e substituto da fertilização mineral, o ensaio realizado foi instalado numa parcela já destinada na exploração para a produção de trigo mole em regadio através da utilização do sistema de torre giratória (pivot).

A variedade utilizada foi a variedade “Ingénio” do obtentor C.C. Benoist tendo a França como país de obtenção. A variedade “Ingénio” é caracterizada como de trigo mole de Inverno com porte prostrado no final do afilhamento com data média a tardia no início do encanamento, média a precoce no espigamento e com uma maturação também média e de tonalidade clara. A variedade “Ingénio” é aristada e o grão tem uma coloração arroxeada. A densidade de sementeira utilizada no ensaio foi semelhante à do resto da parcela, ou seja, 190 kg/ha, o que significa um total de 190 kg de sementes por 10 mil m<sup>2</sup>.

Na zona do ensaio foi feita antes da instalação da cultura, a aplicação de estrume nos níveis em estudo (0, 5 e 10 t/ha).



### **3.5. Ensaio Realizados**

Este trabalho teve como objectivo estudar na cultura do trigo mole em regadio, a interacção resultante da aplicação de estrume a 3 níveis 0, 5 e 10 t/ha com os diferentes níveis dos três macronutrientes principais Azoto (N) (0,60,120 e 180 kg N/ha), Fósforo (P) (0,60 e 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e Potássio (K) (0, 50 e 100kg/ha de K<sub>2</sub>O).

#### **3.5.1. Delineamento experimental dos Ensaio**

Os tratamentos em estudo foram os seguintes:

##### Nível de estrume

0 t/ha; 5 t/ha; 10 t/ha

##### Fertilização

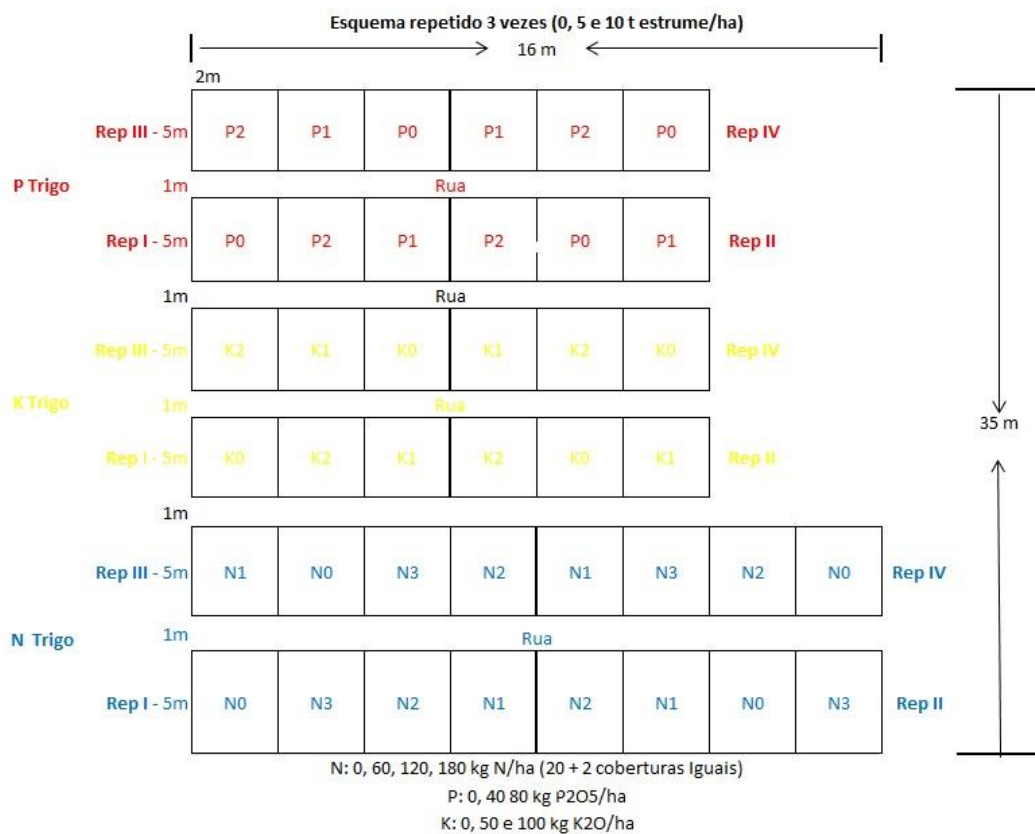
Azoto: 0,60,120 e 180 kg/ha de N.

Fósforo: 0,60 e 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Potássio: 0, 50 e 100kg/ha de K<sub>2</sub>O.

Os três ensaios (N,P,K) foram delineados em blocos causalizados com os talhões de dimensões 2m x 5m subdivididos, ocupando o estrume os talhões principais e estando os níveis de fertilização representados, nos talhões subdivididos.

O número de repetições do ensaio foi de quatro.



**Figura 4** - Esquema com o delineamento do Ensaio

Tal como se pode observar na *Figura 4* para cada nutriente estudado tivemos quatro repetições de factores. Entretanto, por se terem utilizado quatro níveis de Azoto, é natural que cada repetição tenha mais um talhão que nos ensaios de Fósforo e Potássio, tal como se pode observar na figura.

A *Figura 4* representa esquematicamente apenas uma repetição do ensaio, pelo que estando a ser estudados 3 níveis de estrume 0, 5 e 10 t/ha tal significa que esta ilustração se repete 2 vezes com 3 níveis diferentes de estrume, para que assim se pudesse ver estudada a interacção dos níveis de estrume com os níveis de nutrientes (N,P e K) aplicados na fertilização mineral.

### 3.5.2. Azoto

No caso do azoto foram utilizados quatro níveis diferentes: 0, 60, 120, 180 kg N/ha.

A aplicação do Azoto foi repartida em 3 aplicações tendo sido aplicados 20kg/ha à sementeira e o resto em duas aplicações de cobertura. Assim sendo, tivemos 16 talhões do estudo do Azoto por cada nível de estrume, o que totalizou 48 talhões num total de 480m<sup>2</sup>.

Para que o ensaio do Azoto não fosse comprometido com aplicações insuficientes dos restantes macronutrientes foram estabelecidos níveis base de Fosforo e Potássio a utilizar no ensaio do Azoto conforme os níveis de estrume:

- Para 0t/ha de estrume: 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg de K<sub>2</sub>O/ha
- Para 5 t/ha de estrume: 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg de K<sub>2</sub>O/ha
- Para 10 t/ha de estrume; 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg de K<sub>2</sub>O/ha

### 3.5.3. Fósforo

Para o estudo do Fósforo foram testados três níveis diferentes do nutriente: 0, 40, 80 kg P/ha sempre totalmente aplicados como adubação à sementeira.

Assim sendo, tivemos 12 talhões para o estudo do Fósforo por cada nível de estrume, o que totalizou 36 talhões num total de 120m<sup>2</sup>.

Para que o ensaio do Fósforo não fosse comprometido com aplicações insuficientes dos restantes macronutrientes, foram estabelecidos níveis base de Azoto e Potássio a utilizar no ensaio do Fósforo conforme os níveis de estrume:

- Para 0 t/ha de estrume: 180 kg de N e 100 kg de K<sub>2</sub>O/ha.
- Para 5t/ha de estrume: 120 kg de N e 60 kg de K<sub>2</sub>O/ha
- Para 10 t/ha de estrume: 60 kg de N e 40 kg de k<sub>2</sub>O/ha

### **3.5.4. Potássio**

No caso do potássio tivemos a divisão em três níveis diferentes do nutriente: 0, 50, 100 kg K/ha aplicados como adubação à sementeira.

Assim sendo teremos 12 talhões do estudo de Potássio por cada nível de estrume, o que totaliza 36 talhões num total de 120m<sup>2</sup>.

Para que o ensaio de Potássio não fosse comprometido com aplicações insuficientes dos restantes macronutrientes foram estabelecidos níveis base de Azoto e Fósforo a utilizar no ensaio de Potássio conforme os níveis de estrume:

- Para 0 t/ha de estrume: 180 kg de N e 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha
- Para 5 t/ha de estrume: 120 kg de N e 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha
- Para 10 t/ha de estrume: 60 kg de N e 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

### **3.5.5. Azoto Suplementar**

É importante salientar que na duração do ensaio ocorreu uma adubação de azoto que não estava prevista no delineamento do ensaio. Esta adubação foi realizada por fertirrigação e teve impacto na totalidade do tratamento com 0 toneladas de estrume e em metade do tratamento com 5 toneladas de estrume. A adubação azotada continha um total de 30 unidades de azoto por ha tendo sido aplicada na totalidade no ensaio das 0 toneladas de estrume e tendo sido aplicada metade no ensaio com 5 toneladas de estrume.

Assim para futura análise dos parâmetros e dos resultados obtidos foi considerada a adição de 30 unidades de azoto ao ensaio com 0 toneladas de estrume e 15 unidades ao ensaio com 5 toneladas de estrume.

### 3.5.6. Instalação do Ensaio

O ensaio foi instalado numa área sob *pivot* destinado á cultura do trigo tendo tido uma cultura forrageira do tipo “speedmix” como precedente cultural.

O espalhamento manual de estrume foi a primeira operação realizada a 05/08/2013 posteriormente à definição das 3 zonas com diferentes níveis de estrume (0, 5 e 10 t/ha) conforme o delineamento do ensaio.

Cerca de uma semana antes da sementeira foi feita a aplicação do herbicida de pré-sementeira, 3 litros de glifosato numa calda de 200 litros de água por ha com o objectivo de combater as infestantes já emergidas que pudessem entrar em competição vantajosa com a cultura. Esta aplicação não diferiu da aplicação no resto da parcela tendo sido realizada com um pulverizador de jacto transportado.

Foi então feita a marcação dos talhões com a área de 10m<sup>2</sup> cada, ou seja, 5 metros de comprimento para 2 metros de largura e a sua identificação após a sua casualização.



**Figura 5** - Marcação dos talhões na área reservada para o Ensaio

A sementeira dos talhões com a tecnologia que também não diferiu do resto da parcela, foi efectuada com as infestantes já controladas, com um semeador de Sementeira Directa com disco duplo desfasado na abertura do sulco e compactadores em ferro fundido, da marca Semeato, modelo TDNG 300 Seed de acordo com a *Figura 6* no dia 26/11/2013.



**Figura 6** - Sementeira dos talhões do Ensaio com o semeador de Sementeira Directa

Com a sementeira fez-se manualmente uma adubação, aplicando-se as diferentes quantidades de fertilizante (uma parte para o Azoto e a totalidade para o Fósforo e o Potássio) conforme o delineamento experimental adoptado e já referido.

### 3.5.7. Análise de Solo

Para tornar possível avaliar o teor, inicial e final de N, P e K no solo, foram retiradas com uma sonda, antes do início e no fim do ensaio, amostras aleatórias de solo, necessárias para a sua análise física e química (teores de N, P e K) em laboratório. Apresentamos entretanto o resultado das análises de solo de acordo com o Agro-Sistèmes, France.

**Quadro 6** – Resultados da análise de terra realizada no laboratório Agro-Sistèmes Análise da Terra

% M.O.	pH	% CaCO <sub>3</sub>	CaO (ppm)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	K <sub>2</sub> O (ppm)	MgO (ppm)	Na <sub>2</sub> O (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	B (ppm)
1,8	8,3	1,8	9810	93	273	859	195	1,9	4	1,9	19,7	0,44

A análise revela um solo com um teor de M.O. dentro do nível médio considerado por Alves (1989), ou seja entre o 1 e 2 %. É importante referir que da análise realizada pelo autor, do total de 5400000ha de superfície agrícola considerada no estudo apenas 2,2% se enquadrava, dentro do nível intermédio estando a maior percentagem, 70,4%, no nível inferior com percentagens de M.O. <1%.

### 3.5.8. Análise de Estrume

Por se tratar de um ensaio sobre a fertilização com macronutrientes na cultura nomeadamente N, P e K, a eventual necessidade de efectuar o balanço de nutrientes obrigou ao conhecimento analítico do estrume, pelo que foi feita uma recolha manual do estrume distribuído para amostrar aleatoriamente e de forma representativa o mesmo, para posterior análise laboratorial.

**Quadro 7** - Resultados da análise de Macro e Micronutrientes realizada ao estrume

% M.S.	N (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )
46	12,99	3,74	32,55	16,30	3,75	2589,32	47,00	504,26

### 3.5.9. Recolhas de Amostras/ Colheita

As primeiras amostras retiradas foram obtidas através do corte de 50 cm de duas linhas de trigo em cada talhão. Essas amostras foram depois debulhadas em armazém com o objectivo de separar a palha do grão, e posteriormente analisar os vários parâmetros propostos, em cada um dos componentes da produção, o peso da palha, o peso de mil grãos, o número de espigas por m<sup>2</sup>, o número de grãos por espiga, o índice de colheita e a produção de palha, o teor de N, P, e K da palha e do grão.

Na operação final, a última amostra de trigo foi recolhida através de uma ceifeira-debulhadora para ensaios da marca Winterstiger. De salientar que esta colheita foi realizada numa data diferente da ceifa da restante parcela, sendo também diferente o material utilizado para a operação. A produção, em grão, de cada talhão foi armazenada individualmente para determinação posterior da produtividade de cada talhão (kg/ha).



**Figura 7** - Operação de ceifa e debulha do trigo nos talhões do Ensaio



### **3.6. Parâmetros Medidos e Analisados**

De início, foi realizada uma selecção de vários parâmetros para poderem possibilitar uma análise objectiva na resposta às questões levantadas pelo estudo. Assim, os parâmetros medidos e analisados, ao nível dos distintos componentes da produção, foram o número de espigas por m<sup>2</sup>, número de grãos por espiga, número de grãos por m<sup>2</sup>, o peso de mil grãos (g), o índice de colheita, a produção de grão (kg/ha), a produção de palha (kg/ha), assim como as extracções de N, P e K da palha (kg/ha), extracções de N, P e K do grão (kg/ha) e extracções totais de N, P e K (kg/ha).

#### **3.6.1. Estratégia de Amostragem**

Na planta os parâmetros medidos foram obtidos de duas amostragens provenientes dos talhões de ensaio com mecanismos e datas de recolha diferentes.

#### **3.6.2. Recolha de Plantas**

A primeira amostragem baseou-se no corte e recolha de plantas inteiras de trigo retiradas numa extensão de 50 cm de cada uma de duas linhas em cada talhão. Este corte foi efectuado com tesouras de poda mecânicas, tendo sido cortadas as plantas inteiras o mais perto do solo possível, ficando apenas 1 ou 2 cm do caule no restolho no solo. As plantas de trigo foram armazenadas em sacos devidamente identificados para depois serem processadas em laboratório.

Em laboratório as amostras foram processadas de forma a permitirem a expressão dos vários parâmetros a medir, sendo eles o número de espigas por m<sup>2</sup>, o peso do grão e peso da palha, o índice de colheito, o peso de mil grãos e o número de grãos por espiga, tidos em conta para a realização do estudo.

#### **3.6.3. Número de espigas**

O número de espigas foi medido através de contagem manual com as amostras já em laboratório, tendo permitido expressar a população final de espigas apresentadas à colheita, o primeiro parâmetro medido e expresso em nº espigas/unidade de área: (espigas/m<sup>2</sup>)

### **3.6.4. Peso do Grão e da Palha (g)**

Antes de ser debulhada cada amostra foi pesada para a obtenção do peso total em gramas (g)/área de cada amostra. Depois de contadas as espigas a operação seguinte foi a debulha das amostras. Em laboratório, as amostras foram debulhadas com o recurso a uma debulhadora para amostras laboratoriais. A debulha permitiu separar o grão da palha e ambos foram pesados expressando-se as suas grandezas em gramas.

### **3.6.5. Índice de Colheita**

O índice de colheita de grãos é resultado de uma relação entre o peso do grão e o peso total da amostra:

$$\frac{\text{Peso do Grão}(g)}{\text{Peso da Amostra}(g)}$$

### **3.6.6. Nº Grãos/espiga**

O número de grão por espiga foi obtido através de uma relação entre o peso do grão e o número de espigas.

$$\frac{(1000 \times \frac{\text{peso grão}(g)}{\text{peso mil grãos}(g)})}{\text{N}^\circ \text{ espigas}}$$

### **3.6.7 Peso de mil grãos (g)**

O peso de mil grãos foi obtido através da contagem de mil grãos em cada amostra recolhida. Ou seja, depois de cada amostra debulhada para separar o grão da palha, os grãos serão contados com o recurso a um dispositivo laboratorial contador de grãos que possibilita fazer uma contagem mecânica de mil grãos sendo depois pesados. O peso de mil grãos foi então expresso em gramas/1000grãos para cada amostra.

### 3.6.8. Organização dos dados recolhidos

**Quadro 8** - Organização dos dados recolhidos e tratados na primeira amostragem

Código	Ens.	Estr.	Rep.	Trat.	p. amost.(g)	Nº esp.	P.grão(g)	p. mil gr. (g)	p. palh.(g)	IC	nº gr./esp.
1	1	0	1	1	328,00	117	155,90	41,06	172,10	0,48	32,5
2	1	0	1	4	375,90	123	170,90	32,32	205,00	0,45	43,0
3	1	0	1	3	334,00	102	164,40	37,08	169,60	0,49	43,5
4	1	0	1	2	343,50	111	168,70	36,26	174,80	0,49	41,9
5	1	0	2	3	274,10	108	132,70	34,84	141,40	0,48	35,3

O *Quadro 8* representa um exemplo da organização dos dados da primeira recolha de amostras, tratados e agrupados. Foi esta a estrutura expressa dos resultados que posteriormente possibilitou a análise estatística

### 3.6.9. Teor de N, P e K da palha e do grão

O teor de N, P e K da palha e do grão foi o parâmetro para determinação ao qual as amostras foram submetidas em último lugar. No entanto este foi um dos principais parâmetros a medir para avaliar com eficiência o resultado dos ensaios.

Para este parâmetro foi necessário fazer um reagrupamento de amostras, ou seja, as 120 amostras foram agrupadas em 30 para depois serem tratadas e conseqüentemente enviadas para a análise laboratorial dos valores de N, P e K presentes na palha e no grão. Para se entender melhor este reagrupamento apresenta-se novamente o delineamento do ensaio. O estudo tem 3 fertilizantes em estudo em 3 níveis de estrume, repetido 4 vezes. Para melhor se perceber na análise foi criado um código numérico.

**Quadro 9** - Quadros com os códigos criados para as amostras preparadas para análise laboratorial

Código p/análise	Amostra	Estrume	Trat.	Tratamento(kg/ha)	0	1	2	3
1T	Palha	0	N0	<b>N</b>	0	60	120	180
2T	Palha	0	N1	<b>P</b>	0	40	80	-
3T	Palha	0	N2	<b>K</b>	0	50	100	-

O *Quadro 9* exemplifica a organização dos dados, onde do lado esquerdo temos o código para cada análise e os seus constituintes (Amostra/ Estrume / Tratamento), e do lado direito temos a quantidade em kg/ha que cada tratamento terá.

Cada tratamento foi repetido 4 vezes para que a aleatoriedade da amostra fosse assegurada, e também, para que a amostra tenha um elevado peso estatístico. Tal como já foi referido acima, foram estudados 3 níveis de estrume pelo que este código se repetiu para os 3 níveis.

Assim, se entenderá o porquê de 30 tratamentos, (3 x 10) tendo todas as repetições de cada tratamento sido reagrupadas numa só. Por exemplo: O  $N_0$  para 0 toneladas de estrume contem as amostras retiradas dos 4 talhões, mas ainda teremos o  $N_0$  para as 5 toneladas e o  $N_0$  para as 10 toneladas por ha de estrume.

Para se chegar ao teor de N, P e K na palha e no grão foi necessário submeter as amostras a um tratamento primário. Tanto o grão como a palha foram moídos e reagrupados, só depois os 30 tratamentos, quer de palha quer de grão, prosseguiram para o laboratório onde foi realizada a análise química

#### **3.6.10. Produção de grão por hectare**

O corte e debulha da totalidade dos talhões foram efectuados com a utilização de uma ceifeira-debulhadora automotriz, de pequenas dimensões para ensaios, da marca “Winterstiger”. Esta operação permitiu a recolha individual, da produção de cada talhão, para a determinação da produção de grão em kg/ha.

### 3.7. Tratamento estatístico

A análise de variância foi feita de acordo com o delineamento experimental utilizado nos ensaios, ou seja, blocos casualizados, tendo-se utilizado o programa MSTAT (Michigan State University).

A separação de médias foi feita sempre que o teste de F revelou uma probabilidade do erro justificar a diferença menor ou igual a 5% ( $p \leq 5\%$ ), pelo teste de separação múltipla de médias de DUNCAN.

A separação de médias, em situações em que a probabilidade do erro justificou a diferença  $<10\%$ , foi feita por se considerar que, dada a natureza do ensaio tal se justificava.

Os efeitos das interações são referidos e apresentados quando são significativos. Sempre que tal não sucedeu são apenas separadas as médias dos efeitos primários dos tratamentos.

Nos quadros de resultados em que são apresentadas interações entre dois factores, as letras minúsculas separam médias ao nível de interação (combinação de dois factores) e as letras maiúsculas separam as médias dos efeitos primários de cada um dos factores.

### 3.8. Cronograma do Ensaio

Quadro 10 - Cronograma do Ensaio realizado

<b>Datas das Operações</b>	<b>Operação Realizada</b>
05 / 08 / 2013	Aplicação de Estrume (5 e 10 toneladas)
26 / 11 / 2013	Sementeira do Trigo / Adubação de Fundo e Marcação de talhões
30 / 01 / 2014	Adubação Extra – Fertirrega (30 un)
19 / 02 / 2014	1ª Adubação de Cobertura
11 / 03 / 2014	2ª Adubação de Cobertura
03 / 07 / 2014	1ª Recolha de Amostras
08 / 07 / 2014	2ª Recolha de Amostras

## 4. Apresentação e Discussão de resultados

### 4.1. Número de espigas por m<sup>2</sup>

#### 4.1.1. Azoto

Existiu um efeito significativo do nível de azoto x nível de estrume, no que diz respeito ao número de espigas por m<sup>2</sup>.

**Quadro 11** – Interacção quantidade de azoto x nível de estrume para a produção de espigas (numero de espigas/m<sup>2</sup>)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	563,3ac	513,3bd	334,0e	470,2B
60 (kg N/ha)	579,5ac	522,3bd	416,3de	506,0B
120 (kg N/ha)	627,8ac	588,5ac	545,5ad	587,3A
180 (kg N/ha)	491,3cd	639,8b	667,5a	599,5A
Médias	565,4	565,9	490,8	

O número de espigas por m<sup>2</sup> é importante na definição da produção da cultura do trigo mole. Ao estabelecer uma ligação entre as quantidades de adubos aplicadas e os tratamentos de estrume é possível verificar interacções significativas que influenciam directamente o número de espigas por m<sup>2</sup>. Tal como se pode observar no *Quadro 11* à medida que o nível de N aumenta temos um efeito significativo no número de espigas por m<sup>2</sup>, sendo os valores de 120 e 180 kg/ha os valores que apresentam um maior efeito significativo, em relação aos valores de 0 e 60 kg/ha de N. Os tratamentos de estrume por si só não apresentam um efeito significativo, no entanto, a interacção entre o nível de N e quantidade de estrume aplicados mostra que o aumento do estrume aplicado exigiu mais Azoto para se atingir o mesmo numero de espigas.

#### 4.1.2. Potássio

Verificou-se uma interacção significativa entre o nível de Potássio x nível de estrume no que diz respeito ao número de espigas por m<sup>2</sup>.

**Quadro 12** – Interacção entre a quantidade de Potássio x nível de estrume para a produção do número de espigas m<sup>2</sup>

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	649,98a	661,78a	517,65bc	609,8
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	607,35ab	645,58a	520,60bc	591,175
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	626,48ab	655,88a	469,13c	583,825
Médias	627,93A	654,41A	502,46B	

Pôde verificar-se que o nível de K por si só não apresentou um efeito significativo no número de espigas por m<sup>2</sup> e o nível de estrume apresentou um efeito significativo no número de espigas sendo a quantidade de 10 toneladas por ha a que apresentou um efeito menor nos resultados. Existiu uma interacção significativa entre os dois factores que resultou de um efeito depressivo da aplicação de K no número de espigas para o nível mais elevado de adubação.

#### 4.1.3. Fósforo

Existiu uma interacção significativa entre o nível de Fósforo x nível de Estrume.

**Quadro 13** – Interacção entre a quantidade de Fósforo x nível de estrume para a produção de espigas por m<sup>2</sup>

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	678,00a	582,50ab	466,25b	616,25A
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	607,50ab	573,25ab	481,00b	560,25AB
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	563,25ab	525,00ab	542,50ab	496,58B
Médias	575,58	553,92	543,58	

Tal como se verificou no *Quadro 11* também o nível de fósforo apresenta efeitos significativos no número de espigas por m<sup>2</sup>, mas neste caso o efeito foi depressivo, sendo que o número de espigas para o nível mais elevado de fósforo foi significativamente inferior ao verificado para a ausência de aplicação de P. A interacção entre os 2 tratamentos (Fósforo x estrume) resultou do facto de o efeito depressivo do P no número de espigas só se ter verificado para os primeiros níveis de estrume, enquanto nas 10 toneladas de estrume/ha se verificou um efeito positivo do P.

## 4.2. Número de grão por espiga

### 4.2.1. Azoto

Existiu uma interacção significativa da quantidade de Azoto x nível de estrume no número de grãos por espiga, mas não se verificou efeito primário dos tratamentos

**Quadro 14** – Interacção Quantidade de N x nível de estrume para o número de grãos por espiga

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	27,15bd	26,70bd	31,08ab	28,3
60 (kg N/ha)	29,43ac	27,65bd	29,00ad	28,7
120 (kg N/ha)	24,45bd	29,95ac	23,03cd	25,8
180 (kg N/ha)	35,08 <sup>a</sup>	21,90d	23,53cd	26,8
Médias	29,0	26,6	26,7	

Aqui, é verificada uma associação negativa entre o estrume e a quantidade de Azoto, uma vez que no nível de 10 toneladas de estrume, à medida que aumenta o nível de N, os valores do número de grãos por espiga vão diminuindo.

### 4.2.2. Potássio

Não existiu uma interacção quantidade de K x nível de estrume é significativa para o parâmetro número de grão por espiga, havendo ausência de efeito dos factores primários

**Quadro 15** – Interacção Quantidade de K x nível de estrume para o número de grãos por espiga

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	30,13a	24,23a	26,23a	26,858
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	25,23a	25,98a	27,98a	26,392
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	28,68a	24,10a	25,83a	26,2
Médias	28,008	24,767	26,675	



### 4.2.3. Fósforo

Não existiu interacção significativa entre o nível de estrume x quantidade de fósforo para o efeito no número de grãos por espiga da cultura nem do efeito primário dos tratamentos.

**Quadro 16** - Interacção Quantidade de Fósforo x Nível de Estrume para o número de grãos por espiga

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	25,625	27,1	27,575	26,767
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	26,825	22,675	27,5	25,667
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	29,25	26,225	21,925	25,8
Médias	27,233	25,333	25,667	

## 4.3. Número de grãos por m<sup>2</sup>

### 4.3.1. Azoto

Existiu uma interacção significativa para o parâmetro número de grãos por m<sup>2</sup> entre a quantidade de Azoto x nível de estrume.

**Quadro 17** – Interacção quantidade de N x nível de estrume para o número de grãos por m<sup>2</sup>

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	15172,23ad	13555,93be	10281,60e	13003,3
60 (kg N/ha)	16714,55ab	13862,98bd	11921,93de	14166,5
120 (kg N/ha)	15397,03ac	17334,83a	12651,50ce	15127,8
180 (kg N/ha)	16087,43ac	14062,03ad	15588,53ac	15246,0
Médias	15842,81A	14703,94A	12610,89B	

O número de grãos por m<sup>2</sup> é um parâmetro decisivo na produção da cultura. Neste caso, os valores obtidos apresentam um efeito significativo do nível de estrume e da interacção N x nível de estrume para o número de grãos por m<sup>2</sup>. Esta interacção resulta do facto de o aumento da quantidade de estrume aplicada ter exigido o aumento da adubação azotada. O valor superior é obtido na combinação 120 kg N/ha x 5 t estrume e o valor inferior é obtido para 0 kg N/ha x 10 t estrume. Na média do nível de estrume os dois primeiros valores, 0 e 5 toneladas de estrume, apresentam um efeito significativamente superior no número de grãos por m<sup>2</sup>, do que o nível de estrume com 10 toneladas.

### 4.3.2. Potássio

Os resultados obtidos evidenciaram a existência de um efeito significativo do nível de estrume e da interacção Quantidade de K x Nível de Estrume.

**Quadro 18** - Interacção Quantidade K x Nível Estrume para o numero de grãos por m<sup>2</sup>

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	18745,98a	15967,58ac	13485,05cd	16066,2
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	14736,08bd	16508,05ac	14135,38cd	15126,5
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	17448,00ab	15429,15bc	12026,85d	14968
Médias	16976,68A	15968,26A	13215,76B	

Os valores médios dos 3 níveis de estrume apresentam um efeito significativo no número de grãos por m<sup>2</sup>, sendo os dois primeiros superiores ao último, tal como se observou no *Quadro 17*. A interacção entre o K e o estrume resultou do facto de, na ausência de estrume, o número máximo de grãos por unidade de área ter sido atingido na ausência de K, enquanto para os dois restantes níveis de estrume ter sido necessário a aplicação de 50 unidades de K<sub>2</sub>O para se atingir o valor máximo.

### 4.3.3. Fósforo

Não se verificou uma interacção significativa entre a quantidade de Fósforo e o nível de estrume.

**Quadro 19** - Interacção Quantidade de P x nível de Estrume

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	17162,367	15810,5	12640,55	15204,367
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	14585,475	13035,925	13093,925	13571,775
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	15251,475	13916,5	11741,275	13636,417
Médias	15666,333	14254,308	12491,971	

De acordo com estes resultados poder-se verificar que o Fósforo não constituiu, neste ensaio, um factor condicionante para o desenvolvimento do número de grãos por m<sup>2</sup> da cultura de trigo mole.

## 4.4. Peso de mil grãos (G)

### 4.4.1. Azoto

Não se verificou uma interacção significativa entre a quantidade de Azoto e o nível de estrume no peso de mil grãos.

**Quadro 20** - Interacção Quantidade de N x nível de estrume para p peso de mil grãos (g)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	39,3	33,6	38,1	36,9
60 (kg N/ha)	37,7	38,3	35,4	37,1
120 (kg N/ha)	37,1	33,4	34,3	34,9
180 (kg N/ha)	35,2	35,4	36,1	35,5
Médias	37,4	35,2	35,9	

De facto, como se pode verificar no *Quadro 20*, não existiu nenhum efeito significativo da interacção quantidade de N x nível de estrume no resultado do peso de mil grãos.

### 4.4.2. Potássio

Não existiu um resultado significativo na interacção entre a quantidade de potássio aplicada e o nível de estrume.

**Quadro 21** - Interacção Quantidade de K x Nível de Estrume para o peso de mil grãos (g)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	35,35	37,38	35,40	36,042
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	34,98	35,33	35,53	35,275
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	38,10	37,83	38,38	38,1
Médias	36,142	36,842	36,433	

Tal como no *Quadro 20*, também no Potássio não se registaram interacções significativas dos 2 factores analisados, nem da sua interacção no peso dos mil grãos, não sendo assim a quantidade de K nem o nível de estrume factores preponderantes no desenvolvimento e no enchimento do grão do trigo.

### 4.4.3. Fósforo

Não se verifica resultado significativo na interacção. No entanto, a aplicação de estrume afectou este parâmetro, sendo que o nível de 5 t/ha diminuiu significativamente o peso de mil grãos.

**Quadro 22** - Interacção Quantidade P x Nível de Estrume para o peso de mil grãos (g)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	34,25a	33,50a	37,00a	34,92
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	39,50a	35,25a	37,00a	37,25
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	38,00a	34,50a	38,25a	36,92
Médias	37,25A	34,42B	37,42A	

O peso de mil grãos é um parâmetro que revelou resultados bastante homogêneos uma vez que a maioria dos resultados não são significativos para o peso dos mil grãos. Apenas no ensaio de Fósforo se pode observar valores significativos nas médias obtidas através das diferentes quantidades de estrume.

## 4.5. Índice de colheita

### 4.5.1. Azoto

Não existiu um efeito significativo, nem dos efeitos primários nem da interacção nível de Azoto x nível de estrume, no que diz respeito ao índice de colheita da cultura. Os índices de colheita obtidos são os normais para a cultura de trigo nas nossas condições.

**Quadro 23** - Interacção entre a Quantidade de Azoto x Nível de Estrume para o índice de colheita

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	0,5	0,4	0,5	0,5
60 (kg N/ha)	0,5	0,5	0,5	0,5
120 (kg N/ha)	0,5	0,4	0,5	0,5
180 (kg N/ha)	0,5	0,5	0,5	0,5
Médias	0,5	0,4	0,5	

#### 4.5.2. Potássio

Existiu um efeito significativo apenas da interacção da quantidade de Potássio x nível de estrume nos valores médios obtidos para o índice de colheita.

**Quadro 24** - Interacção entre a Quantidade de K x Nível de Estrume para o índice de colheita

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	0,455e	0,475bc	0,475bc	0,468
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	0,467cd	0,492a	0,465d	0,475
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	0,450e	0,472cd	0,483b	0,468
Médias	0,457	0,48	0,474	

Esta interacção resulta do facto de, para os dois primeiros níveis de estrume, o valor mais elevado do Índice de Colheita ter sido obtido para 50 unidades de K<sub>2</sub>O, enquanto para 10 t de estrume/ha ter sido necessário aplicar 100 unidades do nutriente.

#### 4.5.3. Fósforo

Verificou-se uma interacção na Quantidade de P x nível de estrume no que diz respeito ao valor do índice de colheita e ausência de efeito primário dos tratamentos. No entanto os valores são muito semelhantes sendo a interacção difícil de explicar.

**Quadro 25** - Interacção Quantidade de Fósforo x Nível de Estrume para o índice de colheita

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	0,460cd	0,465bc	0,482a	0,469
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	0,455cd	0,447d	0,455cd	0,452
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	0,455cd	0,467ac	0,480ab	0,467
Médias	0,457	0,46	0,472	

O índice de colheita é um parâmetro que permite relacionar o peso dos mil grãos recolhidos e o peso da amostra total. Este não apresenta resultados significativamente alterados pelos factores utilizados (Nutriente/toneladas de estrume), apenas se observando resultados significativos na interacção entre factores, sendo no ensaio de Potássio que se atinge o valor superior.

## 4.6. Produção de grão (kg/ha)

### 4.6.1. Azoto

O efeito primário do azoto não foi significativo mas verificou-se um efeito significativo do nível de estrume e da interacção entre N e o estrume.

**Quadro 26** - Interacção Quantidade de Azoto x Nível de Estrume para a produção de grão (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	5922,8ab	4515,8df	3891,0f	4776,5
60 (kg N/ha)	6266,5a	5242,3bd	4217,5ef	5242,1
120 (kg N/ha)	5687,8ac	5814,0ac	4213,8ef	5238,5
180 (kg N/ha)	5586,0ac	4922,8ce	5528,0ac	5345,6
Médias	5865,5A	5123,7AB	4462,6B	

A aplicação de estrume reduziu a produção obtida e aumentou a resposta da cultura á adubação azotada. Enquanto na ausência de aplicação de estrume a produção máxima se verificou para o nível de 60 unidades de Azoto, a aplicação de 10 t de estrume exigiu o aumento da aplicação de azoto e a produção máxima verificou-se para 180 unidades de Azoto e, mesmo assim, obteve-se um valor inferior de produção em relação ao valor obtido com 0 t de estrume.

### 4.6.2. Potássio

A aplicação de K não teve efeito significativo na produção, mas, verificou-se uma redução significativa da produção com a adição de estrume e uma interacção significativa entre os dois factores.

**Quadro 27** - Interacção Quantidade K x Nível Estrume para a produção de grão (kg/ha)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	6508,75a	5894,75bc	4768,50d	5724
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	5073,50d	5800,00c	5007,00d	5293,5
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	6449,00ab	5835,00c	4593,00d	5625,667
Médias	6010,42A	5843,25A	4789,50B	

Esta interacção resulta do facto de para os dois primeiros níveis de estrume a produção máxima se ter verificado para o nível zero de K enquanto no tratamento com a aplicação de 10 t de estrume/ha a produção máxima verificou-se para a aplicação de 50 unidades de K<sub>2</sub>O.

#### 4.6.3. Fósforo

No ensaio de fósforo apenas foi significativa a interacção entre os dois factores e por um motivo idêntico ao verificado no ensaio de K, ou seja, para o nível máximo de estrume a cultura exigiu a aplicação de P, o que não se verificou para os outros dois tratamentos.

**Quadro 28** - Interacção Quantidade de Fósforo x Nível de Estrume para a produção de grão (kg/ha)

<b>Quantidade de P</b>	<b>0 t Estrume</b>	<b>5 t Estrume</b>	<b>10 t Estrume</b>	<b>Médias</b>
<b>0 (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	5866,75a	5294,75ab	4638,50ab	5266,67
<b>40 (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	5599,75ab	4558,00b	4800,25ab	4989
<b>80 (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	5729,75ab	4656,00ab	4498,25b	4961,33
<b>Médias</b>	5732,08	4836,25	4645,67	

## 4.7. Produção de palha (kg/ha)

### 4.7.1. Azoto

Para o ensaio de Azoto verificou-se neste parâmetro uma ausência do efeito primário do estrume e um efeito significativo do Azoto, assim como, da interacção entre os dois factores. Enquanto para a produção de grão o N não afectou a produção, no caso da palha verificou-se um aumento da produção com o aumento da adubação.

**Quadro 29** - Interacção Quantidade de Azoto x Nível de Estrume para a produção de palha (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	9125ab	7104,5 bc	4320,5 d	6850,0 C
60 (kg N/ha)	9792,8a	8694,3 ab	6011,8 cd	8166,3 B
120 (kg N/ha)	9484a	9210,3 ab	8167,5 ac	8953,9AB
180 (kg N/ha)	8723,8ab	9964,8 a	10147,0 a	9611,8 A
<b>Médias</b>	9281,4	8743,4	7161,7	

A interacção entre os dois factores resultou do facto de o aumento da aplicação de estrume exigir um aumento do nível de N para se atingir a produção máxima de palha.

### 4.7.2. Potássio

Neste ensaio verificou-se um efeito negativo e significativo do nível de estrume e ausência de efeito da aplicação de K.

**Quadro 30** - Interacção Quantidade de K x Nível de Estrume para a produção de palha (kg/ha)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	11707,35a	10175,03ab	7719,10b	9867,158
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	9886,775ab	9580,88ab	7816,18b	9094,608
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	11338,25a	11367,63a	7591,15b	10099,01
<b>Médias</b>	10977,46A	10374,51A	7708,81B	

A interacção entre os dois factores primários foi significativa.



### 4.7.3. Fósforo

Neste ensaio o nível de estrume voltou a apresentar um efeito depressivo e significativo, não tendo havido efeito da aplicação de P.

**Quadro 31** - Interação Quantidade de P x Nível de Estrume para a produção de palha (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
<b>0 (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	11823,75a	8932,50ac	6598,75c	9118,33
<b>40 (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	11048,50ab	9303,00ac	7089,75c	9147,08
<b>80 (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	9779,50ac	8148,75bc	8527,75ac	8818,67
<b>Médias</b>	10883,92A	8794,75B	7405,42B	

A interação entre os dois factores foi significativa e resultou do facto de na ausência de estrume haver uma redução da produção de palha com a aplicação de P, enquanto no nível mais alto de estrume a produção de palha aumentou com a aplicação de fósforo.

## 4.8. Extracção de P da palha

### 4.8.1. Azoto

Existiu um efeito significativo dos factores primários assim como da interação Quantidade de Azoto x Nível de estrume na extracção de Fósforo da palha (kg/ha), que resultou do efeito dos tratamentos e sua interação na produção de palha *Quadro 28*, ou seja, os tratamentos que conduziram a um aumento da produção conduziram a um aumento da extracção.

**Quadro 32** - Efeito do Azoto e Interação Quantidade de N x Nível de Estrume na extracção de fósforo da palha do trigo (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
<b>0 (kg N/ha)</b>	13,70ab	9,23cd	6,05e	9,66B
<b>60 (kg N/ha)</b>	16,68a	10,45cd	9,00de	12,04A
<b>120 (kg N/ha)</b>	14,25ab	14,73ab	9,80cd	12,93A
<b>180 (kg N/ha)</b>	12,20bc	11,95bd	12,175bc	12,11A
<b>Médias</b>	14,21A	11,59B	9,26B	

#### 4.8.2. Potássio

Não existiu um efeito significativo da quantidade de K aplicado nos valores de Fósforo extraído da palha. No entanto verificou-se um efeito significativo do estrume existindo também um efeito significativo da Interação Quantidade de K x Nível de Estrume nos resultados obtidos (kg/ha). Mas uma vez os efeitos verificados perderam-se com o efeito no crescimento do trigo.

**Quadro 33** - Extração de Fosforo da Palha (kg/ha) a partir da Interação Quantidade de K x Toneladas de Estrume

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	15,23ab	11,20c	6,20e	10,875
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	10,90c	10,53cd	6,25e	9,225
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	18,013a	12,50bc	6,83de	12,483
Médias	14,75A	11,41B	6,43C	

Mais uma vez o efeito esteve relacionado com o efeito na produção.

#### 4.8.3. Fósforo

Existiu um efeito significativo da interação Quantidade de P x Nível de estrume nos valores médios obtidos das extrações de fósforo da palha (kg/ha), assim como do nível de estrume. Mais uma vez o efeito esteve relacionado com o efeito na produção.

**Quadro 34** - Interação Quantidade de P x Nível de Estrume para a extração de Fósforo da palha (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	18,90a	9,825b	5,93b	11,55
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	22,10a	11,15b	6,40b	13,217
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	17,60a	8,15b	6,80b	10,85
Médias	19,53A	9,71B	6,38C	

## 4.9. Extracção de K da palha

### 4.9.1. Azoto

Não existiu um efeito significativo do nível de azoto na extracção de K da palha (kg/ha), no entanto verificou-se um efeito significativo do nível de estrume e da interacção do nível de N x nível de estrume nos valores obtidos nas extracções.

**Quadro 35** – Interacção Nível de Azoto x Nível de estrume para a extracção (kg/ha) de k da palha

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	86,70bc	69,63c	30,65d	62,3
60 (kg N/ha)	111,63a	79,98bc	21,63d	71,1
120 (kg N/ha)	84,40bc	93,93ab	31,88d	70,1
180 (kg N/ha)	87,23bc	95,68ab	33,48d	72,1
Médias	92,49A	84,80A	29,41B	

De facto, tal como podemos verificar no *Quadro 35*, existe um efeito significativo da interacção nível de azoto x nível de estrume nos valores de k extraídos da palha, esta interacção é superior quando interagimos as diferentes quantidades de N no tratamento com 0 toneladas de estrume. Estes resultados poderão ser explicados através do efeito dos tratamentos na produção de palha da cultura.

### 4.9.2. Potássio

Existiu um efeito significativo do nível de estrume e da interacção nível de Potássio x nível de estrume no que diz respeito ao valor de potássio extraído da palha (kg/ha), e mais uma vez, o efeito dos tratamentos resultou do seu efeito no crescimento da cultura.

**Quadro 36** - Interacção Nível de K x Nível de Estrume para a extracção de potássio da palha (kg/ha)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	35,13a	24,43bc	13,90d	24,483
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	28,68ab	23,95bc	14,88d	22,5
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	36,30a	29,58ab	15,93cd	27,267
Médias	33,37A	25,98B	14,90C	

De facto, através da análise do *Quadro 36*, pode-se observar que a quantidade de Potássio aplicada não teve por si só um efeito significativo no valor das extracções do

mesmo em kg/ha. Existiu um efeito significativo da interacção entre o nível de Potássio aplicado e o estrume, no entanto, tal como se observa no quadro, os valores vão decrescendo à medida que a aplicação de estrume aumenta.

#### 4.9.3. Fósforo

Apenas se verificou um efeito significativo do nível de estrume. A ausência de efeito da aplicação de P na extracção da cultura indica que as reservas do solo são mais do que suficientes para garantir a produção.

**Quadro 37** - Interacção Quantidade de P x Nível de estrume na extracção de fósforo da palha de trigo (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	48,48a	25,00b	15,83b	29,767
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	44,18a	26,98b	14,18b	28,442
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	44,98a	23,63b	16,20b	28,267
Médias	45,88A	25,20B	15,40C	

### 4.10. Extracção de N da palha

#### 4.10.1. Azoto

Não se registou um efeito significativo da interacção Quantidade de N x Nível de Estrume no que diz respeito às extracções de Azoto da palha em kg/ha, mas apenas do efeito primário dos tratamentos. A aplicação de Azoto aumentou a extracção de N na palha, não só porque aumentou a sua produção *Quadro 29* mas também porque permitiu teores de N superiores. Enquanto o teor de N na palha para o nível 0 de azoto foi de cerca de 0,5%, quando se aplicaram 180 unidades de N o seu teor na palha subiu para 0,7%

**Quadro 38** - Interacção Quantidade de N x Nível de estrume na extracção de N da palha (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	46,43	43,85	22,10	37,46C
60 (kg N/ha)	63,45	47,75	28,90	46,70B
120 (kg N/ha)	72,95	71,48	56,70	67,042A
180 (kg N/ha)	72,23	78,43	64,03	71,56A
Médias	63,76A	60,38A	42,93B	

Tal como observado nos pontos anteriores, o comportamento das extracções referentes ao nível de estrume mantem o mesmo padrão, sendo o nível das 0 toneladas o nível que apresenta melhores resultados, decrescendo os valores quando passamos para as 5 e 10 toneladas, respectivamente, sendo este efeito devido à redução que a aplicação de estrume impôs ao crescimento.

#### 4.10.2. Potássio

O Potássio não mostrou ser um factor significativo na extracção de Azoto da palha do trigo, mas verificou-se um efeito significativo do estrume e da sua interacção entre os dois factores

**Quadro 39** – Interacção Quantidade de K x Nível de Estrume na extracção de N da palha (kg/ha)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	114,63a	61,55b	33,28c	69,817
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	73,08b	54,43bc	31,03c	52,842
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	114,43a	65,60b	28,20c	69,408
Médias	100,71A	60,53B	30,83C	

Pelo que se pode observar, não existe um efeito significativo da quantidade de K aplicada á cultura nas extracções finais de N da palha. Os valores obtidos seguem o padrão que se tem vindo a verificar, onde o nível de estrume de 0 toneladas apresenta valores significativamente superiores, não sendo, esse resultado, interpretado como a interferência do estrume no desenvolvimento da cultura, mas sim através da adubação inesperada de 30 unidades de azoto para a cultura mais cedo do que as adubações padronizadas para o ensaio.

### 4.10.3. Fósforo

Não se registou um efeito significativo da quantidade de Fósforo aplicado no que diz respeito às extracções de N da palha (kg/ha)

**Quadro 40** – Interação Quantidade de P x Nível de estrume aplicado para a extracção de N da palha do trigo (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	106,50a	57,80bc	29,05c	64,45
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	100,55a	62,63b	32,75c	65,308
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	95,75a	47,93bc	38,55bc	60,742
Médias	100,93A	56,12B	33,45C	

Tal como se pode verificar no *Quadro 40*, os tratamentos de estrume continuam a ser significativos para as quantidades extraídas, mantendo o comportamento anteriormente verificado. O Fósforo não apresenta um efeito significativo na extracção de N da palha.

## 4.11. Extracção de P do grão

### 4.11.1. Azoto

Não se registou um efeito significativo da quantidade de N aplicado nas extracções de Fósforo do grão do trigo.

**Quadro 41** – Interação Quantidade N x Nível de Estrume para a extracção de fosforo do grão (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	5,93a	3,60fh	3,10h	4,2
60 (kg N/ha)	5,63ab	4,20df	3,80eh	4,5
120 (kg N/ha)	5,13ac	4,68cd	3,38gh	4,4
180 (kg N/ha)	5,03bc	3,93dg	4,43ce	4,5
Médias	5,43A	4,10B	3,68B	

De facto, tal como se pode observar no *Quadro 41*, o N não tem uma influencia significativa na extracção de P do grão. Existe uma interacção com efeitos significativos

bastante heterogénea entre a quantidade de Azoto e o nível de estrume, no entanto, esta poderá ser explicada mais uma vez pela aplicação suplementar de 30 unidades de azotos que alteraram os resultados.

#### 4.11.2. Potássio

Verificou-se uma interacção quantidade de K x nível de estrume com efeito significativo na extracção de Fósforo do Grão (kg/ha).

**Quadro 42** - Interacção Quantidade de Potássio x Nível de Estrume para a extracção de fósforo do grão (kg/ha)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	5,20bc	4,73cd	3,35f	4,425
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	4,05e	4,65d	4,00e	4,233
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	5,83a	5,25d	3,20f	4,758
Médias	5,025A	4,875A	3,517B	

Através da análise do *Quadro 42*, podemos verificar que a quantidade de K aplicada não tem um efeito significativo na extracção de fósforo do grão em kg/ha. Verificou-se uma interacção significativa entre a quantidade de K e o nível de estrume, no entanto os valores seguem o padrão que tem sido verificado ao longo deste estudo, em que as 0 toneladas de estrume apresentam um valor superior, pois ocorreu uma adubação extra de 30 unidades de N antecipada, que teve um efeito positivo na resposta da cultura.

#### 4.11.3. Fósforo

Verificou-se um efeito significativo da interacção quantidade de Fósforo x Nível de estrume no que diz respeito às extracções de Fósforo do grão (kg/ha), que se deveu ao efeito desta interacção na produção. A aplicação de P aumentou a sua extracção no grão, não através de um efeito na produção mas pelo aumento da concentração de P no grão, que foi de 0,5% no nível 0 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de 0,8% na adubação mais elevada. No entanto o efeito favorável da adubação fosfatada na extracção de P estabilizou com a aplicação de 40 unidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Quadro 43** – Interação Quantidade de P x Nível de Estrume para a extracção de Fósforo do Grão (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	0,58d	4,28ab	3,70bc	2,85B
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	4,50ab	4,13ac	3,35c	3,99A
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	4,60a	3,73bc	4,05ac	4,13A
Médias	3,225	4,042	3,7	

## 4.12. Extracção de K do grão

### 4.12.1. Azoto

Não se verificou um efeito significativo da quantidade de Azoto aplicada na extracção de Potássio do Grão.

**Quadro 44** – Interação Quantidade de Azoto x Quantidade de Estrume para a extracção de potássio do grão (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	24,88ab	18,05df	14,40f	19,1
60 (kg N/ha)	26,33a	17,83df	16,48ef	20,2
120 (kg N/ha)	22,78ac	21,50bd	16,03ef	20,1
180 (kg N/ha)	25,70 <sup>a</sup>	19,70ce	20,45cd	22,0
Médias	24,92 <sup>a</sup>	19,27B	16,84B	

De acordo com o *Quadro 44*, os valores obtidos mostram o padrão que se tem vindo a verificar ao longo do estudo. Primeiro a quantidade de Azoto aplicada não influenciou significativamente a extracção de Potássio do grão do trigo, naturalmente porque não afectou a produção. Em segundo, existe um efeito significativo dos níveis de estrume nos valores das extracções, que poderá ser explicado através da indevida adubação de cobertura, aplicada antecipadamente ao trigo, nos talhões do nível 0 de estrume e em alguns talhões do nível de 5 toneladas de estrume, alterando assim os resultados obtidos.



#### 4.12.2. Potássio

Existiu um efeito significativo da quantidade de Potássio aplicada (kg K<sub>2</sub>O/ha) no que diz respeito ao valor de Potássio extraído do grão em kg/ha.

**Quadro 45** – Interação quantidade de k x nível de estrume para a extracção de potássio (kg/ha) do grão de trigo

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	27,35a	25,33ab	19,55ef	24,08A
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	21,30de	23,78bc	18,03f	21,03B
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	26,45a	22,18cd	15,15g	21,26B
Médias	25,03A	23,76A	17,58B	

De facto, tal como se pode observar no *Quadro 45*, existiu um efeito significativo da quantidade de Potássio aplicada á cultura, no que diz respeito ao valor das extracções de potássio do grão de trigo. No entanto, verifica-se um valor superior de potássio extraído no nível de 0 kg/ha de Potássio aplicados, o que poderá estar relacionado com o padrão verificado ao longo do estudo.

#### 4.12.3. Fósforo

Não se verificou um efeito significativo dos parâmetros quantidade de Fósforo x nível de estrume nos valores de potássio extraído do grão (kg/ha).

**Quadro 46** – Interação Quantidade de Fósforo x Nível de Estrume na extracção de Potássio do grão (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	20,53a	20,10a	20,43a	20,35
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	20,18a	21,40a	17,75ab	19,775
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	21,78a	18,63ab	15,30b	18,567
Médias	20,825	20,042	17,825	

De acordo com os valores apresentados no *Quadro 46*, é evidente a inexistência de um efeito significativo de qualquer dos tratamentos na extracção de Potássio do grão de trigo. Apenas se verificou um efeito significativo da interação entre a quantidade de

Fósforo e o nível de estrume aplicados, no entanto os valores são muito homogéneos, não havendo um padrão evidente de resultados.

### 4.13. Extracção de N do Grão

#### 4.13.1. Azoto

Existiu um efeito significativo do efeito primário dos tratamentos assim como da interacção Quantidade de N x Nível de estrume no que diz respeito à extracção de Azoto do grão de trigo (kg/ha).

**Quadro 47** – Interacção Quantidade de N x Nível de Estrume para a extracção de N do grão (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
<b>0 (kg N/ha)</b>	89,85bd	71,78eg	57,60g	73,08B
<b>60 (kg N/ha)</b>	104,83ab	79,05df	57,30g	80,39B
<b>120 (kg N/ha)</b>	98,75ac	108,25a	69,10fg	92,03A
<b>180 (kg N/ha)</b>	109,95a	86,65ce	99,40ac	98,67A
<b>Médias</b>	100,84A	86,43B	70,85C	

Observando o *Quadro 47*, conclui-se que existiu um efeito significativo da quantidade de Azoto aplicado no azoto extraído do grão, sendo no valor máximo de 180 kg N/ha aplicados, onde se observou um maior valor extraído de N do grão, tal como seria de esperar. Apesar da aplicação de N não ter aumentado a produção, aumentou a sua concentração em N desde 1,5% no nível 0 de N até 1,8% para as 180 unidades. Isto corresponde a uma variação do teor de grão em proteína desde os 9,4% até aos 11,25% o que pode ter um significado no preço de venda. Assim, o nível económico de aplicação de azoto tem de entrar com este factor em consideração. Observou-se o padrão que tem sido recorrente ao longo do estudo, existindo um decréscimo de resultados à medida que o nível de estrume é alterado das 0 toneladas até as 10 toneladas de estrume, respectivamente. Este quadro permite realçar a importância da aplicação de azoto mineral à cultura.

#### 4.13.2. Potássio

Não existiu um efeito significativo da quantidade de K aplicada no valor de Azoto extraído do grão em kg/ha.

**Quadro 48** – Interação Quantidade de k x Nível de Estrume para a extracção de N do grão (kg/ha)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	126,85a	99,28b	70,88c	99
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	98,75b	105,80b	75,05c	93,2
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	125,88a	101,00b	66,08c	97,65
Médias	117,16A	102,03B	70,67C	

Através da análise do *Quadro 48*, podemos verificar que a quantidade de K aplicada não representa um efeito significativo na quantidade de N extraído do grão. Podemos verificar também que, tal como nos pontos anteriores, o ensaio segue um padrão onde é nas 0 toneladas de estrume que temos os efeitos significativamente superiores.

#### 4.13.3. Fósforo

Não existiu um efeito significativo da quantidade de P aplicada no valor de Azoto extraído do grão em kg/ha.

**Quadro 49** – Interação Quantidade de P x Nível de Estrume para a extracção de N do trigo (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	120,88a	96,68bc	66,33de	94,625
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	100,33ab	76,23ce	70,33de	82,292
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	110,00ab	87,20bd	61,45e	86,217
Médias	110,40A	86,70B	66,03C	

Através da análise do *Quadro 49*, podemos verificar que a quantidade de P aplicada não representa um efeito significativo na quantidade de N extraído do grão. Podemos verificar também que tal, como nos pontos anteriores, o ensaio segue um padrão onde é nas 0 toneladas de estrume que temos os efeitos significativamente superiores.

## 4.14. Extracção total de P

### 4.14.1. Azoto

Existiu um efeito significativo do efeito primário dos tratamentos, assim como da interacção entre o nível de N e o nível de estrume no que diz respeito à extracção total de P em kg/ha.

**Quadro 50** – Interacção Quantidade N x Nível de Estrume para a extracção total de Fósforo (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	19,60ab	12,85f	9,15g	13,87B
60 (kg N/ha)	22,28a	14,63df	12,80fg	16,57A
120 (kg N/ha)	19,35ac	19,38ac	13,18ef	17,30A
180 (kg N/ha)	17,25bd	15,90cf	16,60be	16,58A
Médias	19,62A	15,69B	12,93C	

Analisando o *Quadro 50*, verifica-se que os valores obtidos apresentam um efeito significativo da quantidade de N aplicada na extracção de Fósforo total da cultura. Destes, apenas o valor de 0 kg N /ha apresenta um resultado significativamente inferior, sendo os restantes superiores, mas semelhantes entre si.

### 4.14.2. Potássio

Não existiu um efeito significativo da quantidade de K aplicada no valor de Azoto extraído do grão em kg/ha.

**Quadro 51** – Interacção Quantidade de k x Nível de Estrume para a extracção total de P (kg/ha)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	20,45ab	15,93c	9,53d	15,3
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	14,93c	15,18c	10,28d	13,458
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	23,95a	17,75bc	10,03d	17,242
Médias	19,78A	16,28B	9,94C	

Através da análise do *Quadro 51*, verifica-se que a quantidade de K aplicada não representa um efeito significativo na quantidade total de fosforo extraído da cultura.

Verifica-se também que, tal como nos pontos anteriores, o ensaio segue um padrão onde é nas 0 toneladas de estrume que temos os efeitos significativamente superiores.

#### 4.14.3. Fósforo

Não existiu um efeito significativo da quantidade de P aplicada no valor total de Fósforo extraído da cultura em kg/ha.

**Quadro 52** – Interação Quantidade de P x Nível de Estrume para a extracção total de P (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	19,50bc	14,08de	9,68e	14,417
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	26,58a	15,28cd	9,75e	17,2
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	22,20ab	11,85de	10,88de	14,975
<b>Médias</b>	22,76A	13,73B	10,10C	

Através da análise do *Quadro 52*, conclui-se que a quantidade de P aplicada não representa um efeito significativo na quantidade total de Fósforo extraído. Pode-se verificar também que, tal como nos pontos anteriores, o ensaio segue um padrão onde é nas 0 toneladas de estrume que temos os efeitos significativamente superiores.

### 4.15. Extracção total de K

#### 4.15.1. Azoto

Existiu um efeito significativo do nível de Azoto x nível de estrume no que diz respeito à extracção total de K em kg/ha.

**Quadro 53** – Interação Quantidade N x Nível de Estrume para a extracção total de Potássio (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	11,58b	87,68c	45,08d	81,44B
60 (kg N/ha)	137,95a	97,83bc	38,08d	91,28A
120 (kg N/ha)	107,15bc	115,48ab	47,88d	90,17A
180 (kg N/ha)	112,90b	115,35ab	53,95d	94,07A
<b>Médias</b>	117,39A	104,08A	46,24B	

De acordo com *Quadro 53*, os valores obtidos apresentam um efeito significativo da quantidade de N aplicada na extracção de Potássio total da cultura. Destes, apenas o valor de 0 kg N/ha apresenta um resultado significativamente inferior, sendo os restantes superiores mas semelhantes entre si.

#### 4.15.2. Potássio

Não existiu um efeito significativo da quantidade de K aplicada no valor de Potássio total extraído em kg/ha.

**Quadro 54** – Interacção Quantidade de k x Nível de Estrume para a extracção total de Potássio (kg/ha)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	62,45a	49,78b	33,43c	48,55
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	49,98b	47,73b	32,88c	43,525
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	62,70a	51,73b	31,10c	48,508
Médias	58,38A	49,74B	32,47C	

Através da análise do *Quadro 54*, pode-se verificar que a quantidade de K aplicada não representa um efeito significativo na quantidade de potássio total extraído. Pode mais uma vez verificar-se que, tal como nos pontos anteriores, o ensaio segue um padrão onde é nas 0 toneladas de estrume que temos os efeitos significativamente superiores.

#### 4.15.3. Fósforo

Não existiu um efeito significativo da quantidade de P aplicada no valor de Potássio total extraído em kg/ha.

**Quadro 55** – Interacção Quantidade de k x Nível de Estrume para a extracção total de Potássio (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	69,05ab	45,13ab	36,25b	50,142
40 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	64,35a	48,38ab	31,95b	48,225
80 (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	66,75ab	42,28b	31,50b	46,842
Médias	22,76A	13,73B	10,10C	

Através da análise do *Quadro 55* verifica-se que a quantidade de P aplicada não representa um efeito significativo na quantidade de Potássio total extraído. Pode-se verificar também que, tal como nos pontos anteriores, o ensaio segue um padrão onde é nas 0 toneladas de estrume que temos os efeitos significativamente superiores.

## 4.16. Extracção total de N

### 4.16.1. Azoto

Existiu um efeito significativo do nível de N x nível de estrume no que diz respeito à extracção total de P em kg/ha, existindo também um efeito primário dos tratamentos.

**Quadro 56** – Interação Quantidade N x Nível de Estrume para a extracção total de Fósforo (kg/ha)

Quantidade de N	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg N/ha)	136,33bc	115,58c	79,75d	110,55D
60 (kg N/ha)	168,28a	126,80c	86,23d	127,10C
120 (kg N/ha)	171,68a	179,73a	125,80c	159,07B
180 (kg N/ha)	182,15a	165,08ab	163,43ab	170,23A
Médias	164,61A	146,79A	113,80B	

De facto, de acordo com o *Quadro 56*, os valores obtidos apresentam um efeito significativo da quantidade de N aplicada na extracção de Azoto total da cultura. Destes, apenas o valor de 0 kg N/ha apresenta um resultado significativamente inferior, sendo os restantes superiores mas semelhantes entre si.

### 4.16.2. Potássio

Não existiu um efeito significativo da quantidade de K aplicada no valor de Azoto total extraído em kg/ha.

**Quadro 57** – Interação Quantidade de k x Nível de Estrume para a extracção total de Azoto (kg/ha)

Quantidade de K	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
0 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	241,45a	160,85b	104,13c	168,808
50 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	171,78b	160,20b	106,10c	146,025
100 (kg K <sub>2</sub> O/ha)	240,28a	166,60b	94,35c	167,075
Médias	217,833A	162,550B	101,525C	

Através da análise do *Quadro 57*, verifica-se que a quantidade de K aplicada não representa um efeito significativo na quantidade de Azoto total extraído. Pode-se verificar também que ta, como nos pontos anteriores, o ensaio segue um padrão onde é nas 0 toneladas de estrume que temos os efeitos significativamente superiores.

#### 4.16.3. Fósforo

Não existiu um efeito significativo da quantidade de P aplicada no valor de Azoto total extraído em kg/ha.

**Quadro 58** – Interacção Quantidade de P x Nível de Estrume para a extracção total de Azoto (kg/ha)

Quantidade de P	0 t Estrume	5 t Estrume	10 t Estrume	Médias
<b>0 (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	227,38a	154,45ab	95,38ab	159,067
<b>40 (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	200,90ab	138,80ab	103,08b	147,592
<b>80 (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	205,73ab	135,13ab	100,00b	146,95
<b>Médias</b>	211,33A	142,79AB	99,48B	

Através da análise do *Quadro 58*, pode-se verificar que a quantidade de P aplicada não representa um efeito significativo na quantidade de Azoto total extraído. Pode-se verificar também que, tal como nos pontos anteriores, o ensaio segue um padrão onde no tratamento 0 toneladas de estrume observamos efeitos significativamente superiores.

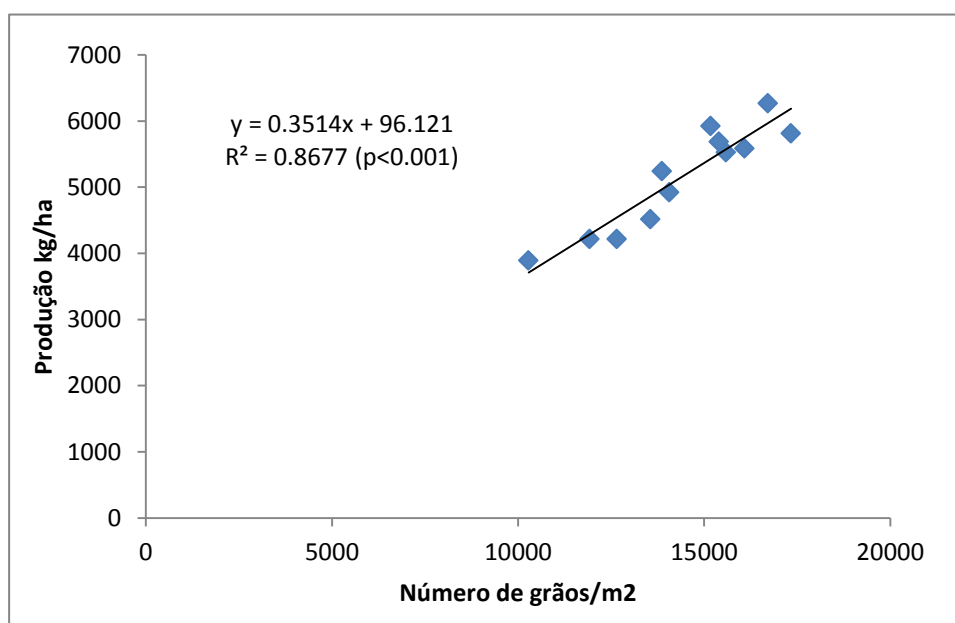


## 4.17. Relação entre a produção e os seus componentes

Sendo a produção de grão (kg/ha) o parâmetro fundamental para a avaliação do sucesso dos tratamentos primários realizados no ensaio, foi fundamental avaliar até que ponto os parâmetros analisados nos ensaios influenciaram a produção de grão.

### 4.17.1 Relação entre a produção de trigo (kg/ha) e o número de grãos/m<sup>2</sup>.

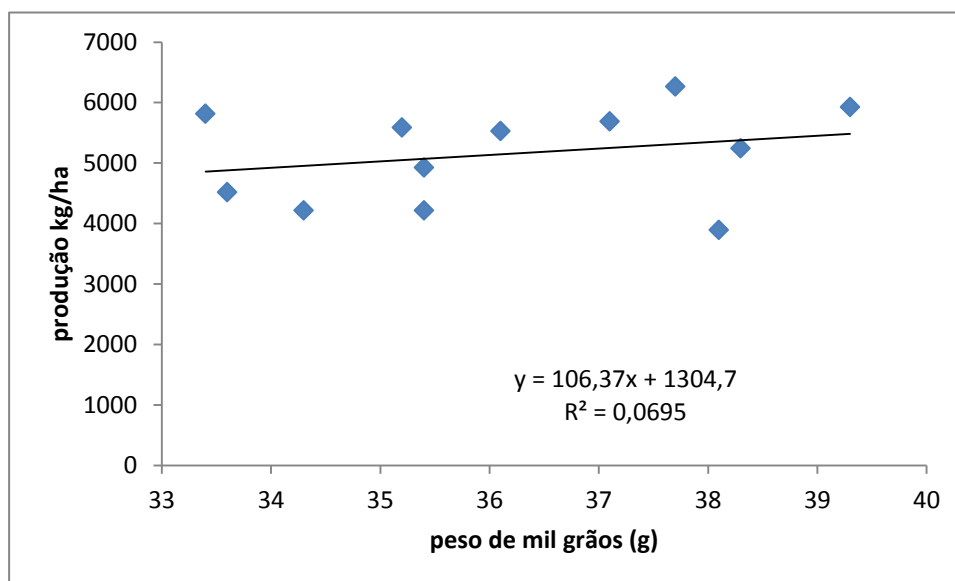
Dados relativos ao ensaio de Azoto.



**Figura 8** – Relação entre a produção de trigo e o número de grãos/m<sup>2</sup>

De acordo com a *Figura 8* é clara a existência de uma relação entre o número de grãos/m<sup>2</sup> e a produção obtida de trigo (kg/ha). Com base na regressão linear representada na figura observa-se que ao aumento do número de grãos por m<sup>2</sup> corresponde o aumento da produção de trigo em kg/ha.

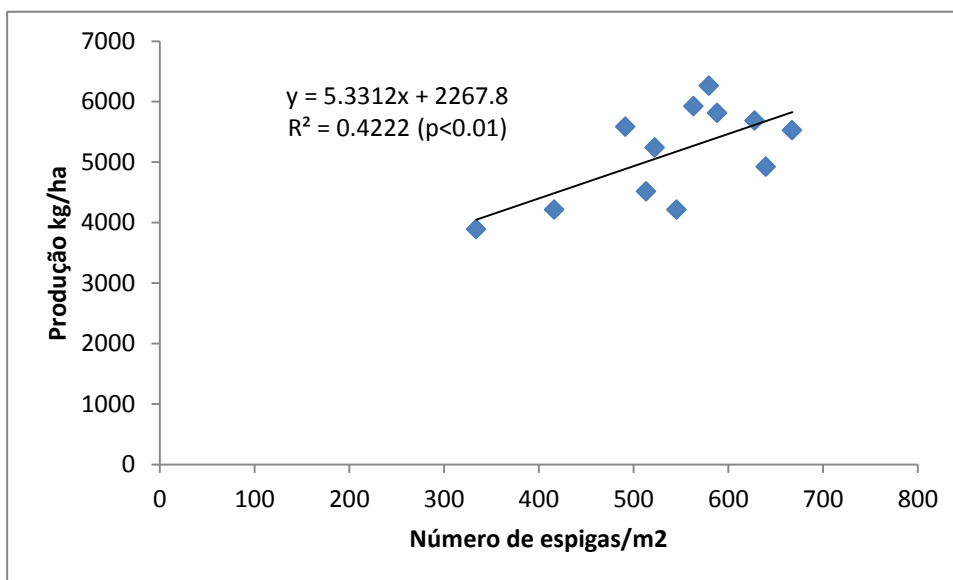
#### 4.17.2 Relação entre a produção de trigo (kg/ha) e o peso de mil grãos. Dados relativos ao ensaio de Azoto



**Figura 9** - Relação entre a produção de trigo (kg/ha) e o peso de mil grãos (g)

Ao observar a *Figura 9* a recta de regressão linear e a consequente equação pode-se verificar que o peso de mil grãos não se verificou um factor significativo na produção de grão da cultura (kg/ha). Aliás ao contrário do número de espigas por m<sup>2</sup> referenciado no ponto anterior o peso de mil grãos apresenta uma disposição de pontos aleatória sem que se consiga observar um padrão e relacionar o peso de mil grãos com a produção da cultura.

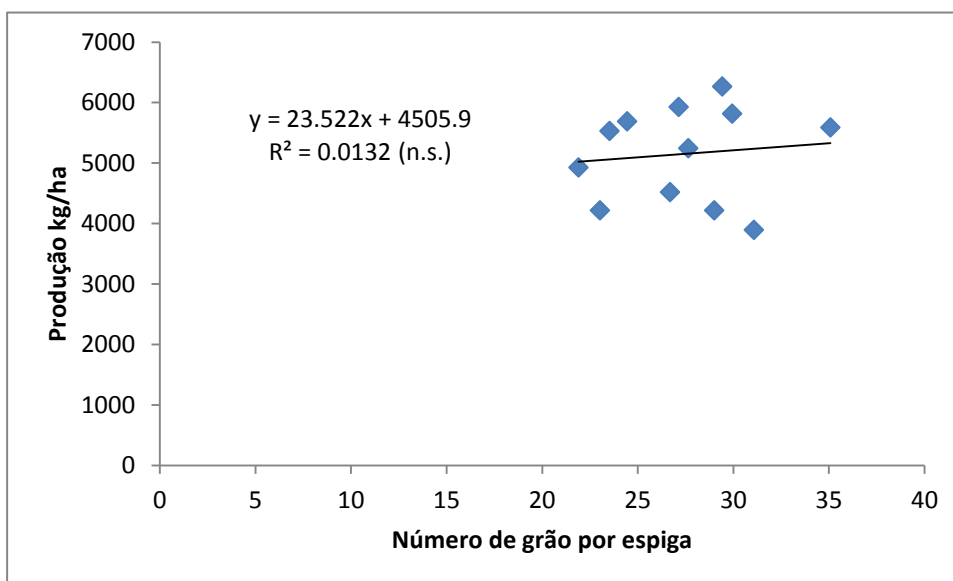
#### 4.17.3 Relação entre a produção de trigo e o número de espigas por unidade de área. Dados relativos ao ensaio de Azoto.



**Figura 10** - Relação entre a produção de trigo e o número de espigas por m<sup>2</sup>

A *Figura 10* permite relacionar a produção de trigo com o número de espigas por m<sup>2</sup>, através de uma regressão linear é possível verificar a existência dum efeito significativo ( $p < 0,01$ ) entre o número de espigas por m<sup>2</sup> e a produção de trigo em kg/ha. Assim poderá assumir-se que de facto o número de espigas por m<sup>2</sup> teve uma influência significativamente positiva no aumento da produção do trigo mole.

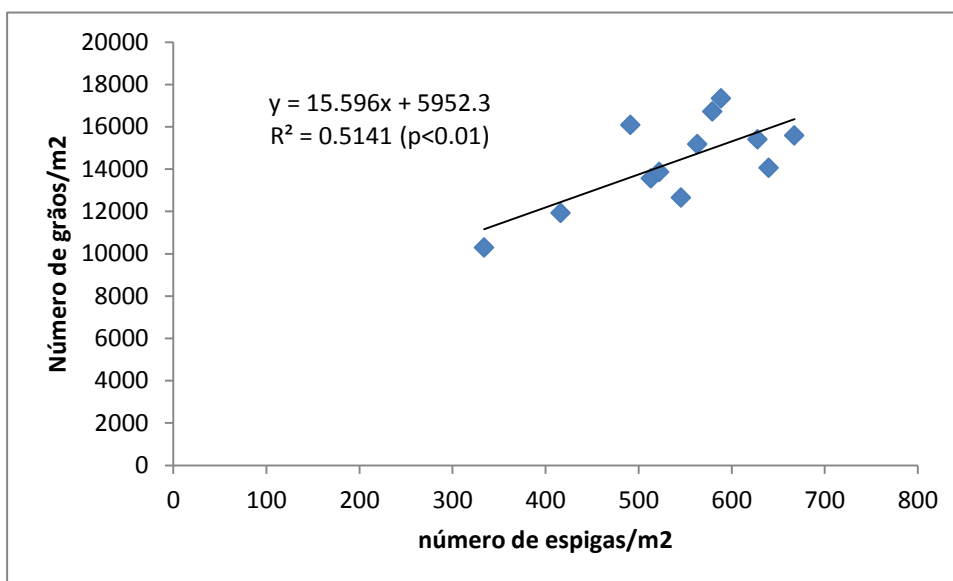
#### 4.17.4 Relação entre a produção de trigo (kg/ha) e o número de grãos por espiga. Dados relativos ao ensaio de Azoto



**Figura 11** - Relação entre a produção de trigo e o número de grãos por espiga

Nos pontos anteriores verificou-se uma influência positiva do número de espigas por unidade de área na produção da cultura, no entanto, ao avaliar o número de grão por espiga verifica-se que este não tem um efeito significativo na produção da cultura. Através da *Figura 11* verifica-se que a interacção ente parâmetros não coincide num padrão, havendo uma disposição praticamente aleatória dos mesmos e uma recta de regressão praticamente na horizontal.

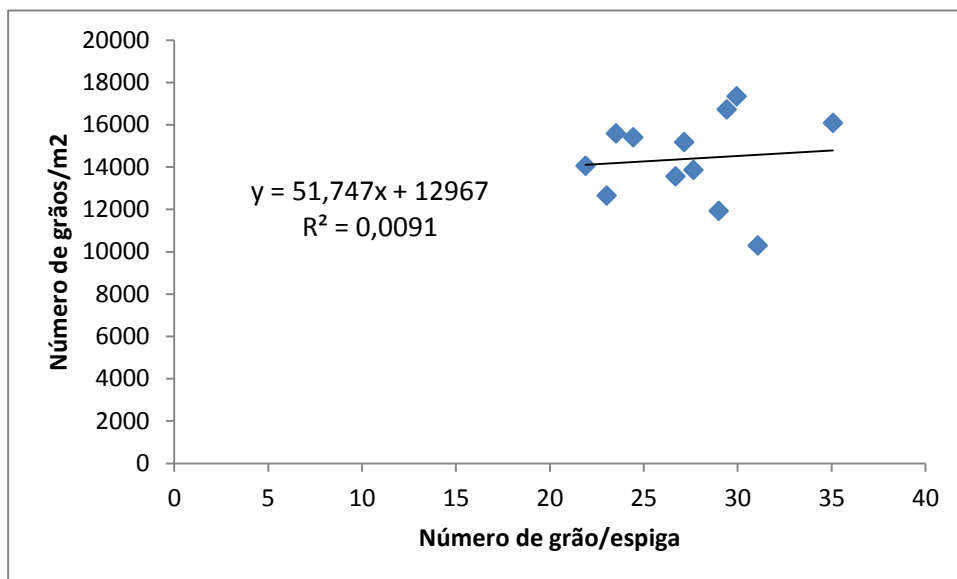
#### 4.17.5 Relação entre o número de espigas e o número de grãos por unidade de área. Dados relativos ao ensaio de Azoto.



**Figura 12** - Relação entre o número de espigas e o numero de grãos por m<sup>2</sup>

Verifica-se através da *Figura 12* que existe uma interacção significativa entre o número de espigas/m<sup>2</sup> e o número de grãos /m<sup>2</sup>. Apesar de não ser um efeito altamente significativo verifica-se um efeito positivo e uma tendência positiva entre o número de grãos e o número de espigas por m<sup>2</sup>.

#### 4.17.6 Relação entre o número grãos por espiga e o número de grãos por unidade de área. Dados relativos ao ensaio de Azoto.



**Figura 13** - Relação entre o número de grãos por espiga e o número de grãos por m<sup>2</sup>

A *Figura 13* e a recta de regressão linear demonstram que não existiu um efeito significativo do número de grãos por espiga e o número de grãos por m<sup>2</sup>. O que leva a uma conclusão que, de acordo com os pontos anteriores, não é um número de grãos por espiga que influencia o número de grãos por m<sup>2</sup> mas sim o número de espigas por m<sup>2</sup>, tendo sido esse o factor principal para o efeito positivo dos tratamentos

## 4.18 Discussão de Resultados

A produção de trigo foi afectada de forma altamente significativa pelo número de grão por unidade de área (*Figura 8*) e não pelo peso de mil grãos (*Figura 9*). Esta grande dependência da produção de trigo do número de grãos por unidade de área é típica do ambiente Mediterrânico (Carvalho 2009). Dos componentes que definem o número de grãos por unidade de área, ou seja, o número de espigas por unidade de área e o número de grão por espiga, a produção esteve dependente do número de espigas (*Figura 10*) mas não do número de grãos por cada espiga (*Figura 11*). Isto resultou do número de grãos por unidade de área ter sido afectado de forma significativa pelo número de espigas por unidade de área (*Figura 12*), mas não pelo número de grãos por cada espiga (*Figura 13*).

Assim, importa perceber como os tratamentos afectaram a população de espigas, pois foi este o parâmetro através do qual influenciaram a produção. O azoto aumentou o número de espigas o que é normal, uma vez que influencia a taxa de afilhamento. No entanto a necessidade de azoto aumentou com a aplicação de estrume, o que é certamente um resultado estranho. Por um lado esta interacção negativa entre o azoto e o estrume pode ter resultado do facto de, no nível zero de estrume, ter havido uma aplicação suplementar de azoto numa fase mais precoce do ciclo, quando a cultura se encontrava no afilhamento, conforme foi explicado no capítulo de material e métodos. No entanto, o aumento da necessidade de azoto com o aumento do nível de estrume parece indicar também que a mineralização do estrume aplicado pelos microorganismos do solo imobilizou azoto. Tal facto poderá ser explicado pela natureza do estrume utilizado. A cama dos animais na exploração é feita com palha de cereais, pelo que o estrume resultante apresenta uma elevada proporção deste material, o que é confirmado pelo baixo teor de azoto do estrume aplicado (cerca de 0,0013). Contudo, a grande diferença na resposta da cultura ao azoto em função do nível de estrume pode não ser apenas devida à sua imobilização, até porque as quantidades de estrume testadas foram relativamente modestas.

O ensaio foi realizado num solo que se encontra em Agricultura de Conservação há vários anos e está enriquecido em matéria orgânica.

Considerando que foram aplicadas 30 unidades de Azoto suplementares, a produção máxima de trigo verificou-se para 90 unidades de N (60 do ensaio mais 30

suplementares), sendo a produção de 6266kg de trigo por ha. Isto significa uma produção de cerca de 70 kg de trigo por cada unidade de N, o que é um valor surpreendentemente elevado. Para este tratamento o trigo extraiu 168 unidades de N, 105 no grão (*Quadro 47*), 63 na Palha (*Quadro 38*), o que significa que o solo contribuiu com 78 unidades em falta (168 extraídas e 90 aplicadas) mais as perdas de N que inevitavelmente terão ocorrido, seja por lavagem, seja por volatilização. A elevada fertilidade no solo pode também inferir pela ausência da resposta da cultura à aplicação de P e K.

Uma questão a merecer investigação futura é a forma de distribuir o Azoto. Neste caso, os dados parecem indicar que a fase em que a cultura passou maior deficiência de N foi durante o afilhamento, não só pela grande dependência que se verificou entre a produção e o número de espigas, mas também pelo grande efeito que a aplicação suplementar de 30 unidades teve no aumento da produção. Uma explicação possível é que a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo será baixa no mês de Janeiro (afilhamento da cultura), pelo que a capacidade do solo em manter a extracção da cultura é pequena. Isto estaria de acordo com o efeito muito acentuado das 30 unidades suplementares aplicadas nesta fase. No entanto, em fases mais avançadas do ciclo, a mineralização do N, da matéria orgânica do solo será mais elevada garantido a extracção da cultura, o que explicará a ausência de efeito do número de grão por espiga na produção e a ausência de resposta da cultura aos níveis mais elevados de N.



## 5. Considerações Finais

Para entendermos os resultados e poder tirar conclusões dos mesmos é necessário referir novamente o objectivo deste estudo. O estudo tinha como grande objectivo compreender o papel das adubações minerais tradicionais que se realizam na cultura, num solo que tem o nível de fertilidade elevado por vários anos de agricultura de conservação, bem como, saber a importância da interacção das mesmas com estrume. Este objectivo tem um grande interesse pois é estudado em trigo mole, regado e em agricultura de conservação, neste caso sementeira directa.

Ao analisar o ponto 4 verificámos várias situações inesperadas que não estavam previstas quando se projectou o estudo. Estas poderão ter ocorrido devido à adubação suplementar não planeada durante o estudo, onde foi aplicada indevida e antecipadamente uma cobertura de 30 unidades de Azoto nos talhões com 0 toneladas de estrume e em cerca de metade dos talhões com 5 toneladas de estrume (considerando aqui 15 unidades N).

Os resultados obtidos apontam-nos várias evidências, sendo uma delas o facto de que a resposta da cultura ao Azoto foi inesperadamente baixa para cada nível de estrume, havendo apenas uma resposta significativa do estrume onde não houve nenhuma aplicação suplementar de Azoto. Verificámos ainda que a aplicação de estrume não resultou em efeitos positivos na produção de grão da cultura, alias, é estabelecido ao longo do ensaio um padrão de resultados que indicam uma interferência do estrume no desenvolvimento e produção em kg/ha da cultura, tanto na produção de grão como na produção de palha. Este padrão poderá ser explicado pelo facto de, devido às baixas temperaturas que limitam a mineralização, a taxa de libertação de azoto do solo/estrume não acompanha as necessidades da cultura e por este factor apesar das aplicações de estrume os resultados não foram superiores aos talhões que não continham estrume, sendo até, em alguns casos, bastante inferiores aos valores obtidos nos talhões com o nível de 0 toneladas de estrume. De facto esta hipótese parece ser um facto bastante importante dos ensaios, mas, ao analisar com mais atenção os resultados obtidos nos tratamentos com 5 toneladas de estrume, verificamos que, de acordo com os valores das extracções, se considerarmos a aplicação indevida das 30 unidades de Azoto nos tratamentos com 0 toneladas de estrume e as 15 unidades nos tratamentos com 5 toneladas de estrume, os valores das extracções totais da cultura são semelhantes ao

retirarmos 30 unidades e 15 unidades respectivamente aos mesmos. Esta verificação é bastante importante e possivelmente indica que a hipótese que à primeira vista indicava a imobilização do Azoto por parte do estrume poderá apenas ser um resultado obtido através da adubação extra de cobertura que os tratamentos sofreram.

Chegamos assim aos 3 primeiros pontos da análise:

**1º** - A aplicação de estrume não resultou em efeitos positivos na produção de grão de cultura, concluindo-se assim que a aplicação de estrume não surtiu efeitos positivos na cultura. A sua vantagem resultará a longo prazo pelo seu efeito no teor do solo em matéria orgânica.

**2º** - A haver um efeito negativo do estrume na cultura, este, deveu-se possivelmente a uma imobilização do Azoto por parte do estrume, a mineralização do estrume atrasou e consumiu azoto mineral que deixou de estar disponível na cultura sendo utilizado na mineralização do estrume.

**3º** - Os dois primeiros pontos podem dever-se a uma alteração dos ensaios realizados sendo os resultados obtidos condicionados pela adubação de cobertura extra que a cultura sofreu. A análise dos resultados das extracções totais poderá explicar este terceiro ponto, onde, se retirarmos 30 e 15 unidades (referentes ao engano) às extracções totais de Azoto no talhão onde não existe aplicação teórica de Azoto (0 kg N/ha), podemos verificar que das 0 toneladas de estrume para as 5 toneladas de estrume o valor extraído é igual, ou seja, de facto não é a quantidade de estrume aplicada que está a condicionar os valores obtidos.

Será assim bastante importante haver um novo estudo onde possa ser verificada individualmente a importância da utilização de estrume e do seu efeito, negativo ou positivo, no desenvolvimento e qualidade da cultura do trigo mole.

Depois de analisado e interpretado o papel do estrume neste ensaio podemos abordar dois factores bastante importantes para os resultados obtidos deste ensaio, um deles accidental, mas que desempenhou um papel fundamental em todos os resultados obtidos no ensaio. Ao analisarmos os resultados verifica-se a ocorrência de um padrão de resultados bastante positivos e favoráveis para a cultura no tratamento com 0 kg/ha de Azoto aplicado e 0 toneladas de estrume, é neste nível que ao longo do estudo podemos observar resultados superiores que se destacam significativamente de todo o resto.

Devido aos registos positivos no nível 0 de ambos os tratamentos é necessário aprofundar os valores obtidos e tal como se pode observar através das extracções totais, verificamos que se retirarmos as 30 unidades (erro) de azoto mineral aplicado, a cultura extraiu 105 kg/ha de Azoto (Palha + Grão) o que nos indica que o solo forneceu através da sua fertilidade 105 unidades de azoto mineral ao trigo sem contabilizar todo o azoto que se perdeu por lavagem ao longo do processo. A fertilidade do solo explica a elevada quantidade de Azoto mineral extraído pelo trigo, no entanto, não explica totalmente os óptimos resultados obtidos quer em termos de produção de grão (kg/ha) quer em produção de palha (kg/ha) da cultura. Para isto iremos considerar o erro das 30 unidades extra aplicadas antecipadamente à cultura, pois, em todos os resultados significativamente superiores é este o factor comum entre eles, é este o factor que cria um padrão nos resultados obtidos. De facto a adubação de 30 unidades de Azoto realizadas 2 semanas antes da 1ª adubação prevista para a cultura, registou resultados superiores mesmo em talhões onde o azoto teve apenas essa mesma adubação. Assim podemos considerar que a antecipação da 1ª cobertura realizada ao trigo, neste clima característico e quando este é regado, poderá desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento da cultura de trigo mole condicionado até todas as restantes fases do seu desenvolvimento.

Estes 2 factores permitem-nos concluir estes 3 pontos acerca da adubação mineral em sementeira directa.

**1º** - Estar em sementeira directa há vários anos permite ao solo melhorar a sua estrutura, mineral e biológica oferecendo assim, tal como observado no ensaio, quantidades aceitáveis de macronutrientes para que a cultura se possa desenvolver sem a adubação mineral actualmente padronizada.

**2º** - Quando num clima como o Mediterrâneo e em condições de regadio, a cultura do trigo mole tem uma resposta eficiente a uma adubação de cobertura antecipada, ou seja, num estado vegetativo anterior ao estado padronizado para a 1ª adubação de cobertura nestas condições o que irá coincidir com o afilhamento do trigo.

**3º** - Será bastante importante completar o verificado neste estudo, e estudar com precisão a importância da antecipação da 1ª cobertura à cultura do trigo mole em regadio e em sementeira directa.

## 6. Referencias Bibliográficas

- Alvarez, R. & Grigera, S., 2005. Crop / Forage / Soil Management / Grassland Utilisation Analysis of Soil Fertility and Management Effects on Yields of Wheat and Corn in the Rolling Pampa of Argentina. , 329, pp.321–329.
- Amstrong, D.L. & Griffin, K.P., 1998. Better Crops: Potassium. Georgia, Potash & Phosphate Institute, 82 (3), pp.3-39.
- Basso, B. Cammarano, D., Fiorentino, C., Ritchie, J.T., 2013. Wheat yield response to spatially variable nitrogen fertilizer in Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 51, pp.65–70.
- Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B., Kimetu, J., 2007. Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agricultural Systems*, 94(1), pp.13–25.
- Belderok, B., Mesdag, H., Donner, D.A., 2000. Bread-Making Quality of Wheat, Springer, p. 3, ISBN 0-7923-6383-3.
- Benin, G. Bornhofen, E., Beche, E., Pagliosa, E.S., Silva, C.L., Pinnow, C., 2012. Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization levels. *Acta Scientiarum, Agronomy*, 34(3), pp.275–283.
- Blair, N., Faulkner, R.D., Till, A.R., Poulton, P.R., 2006. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. *Soil and Tillage Research*, 91(1-2), pp.30–38.
- Braun, H., Altay, F., Kronstad, W., Beniwal, S., McNab, S., 1996. Wheat: Prospects for Global Improvement. In B. V. Springet Science, Business Media, ed. Ankara: Proceedings of the 5th International Wheat Conference.
- Carvalho, J. C. R. De., & Sousa, C. S., 2005. Fertilizantes e Fertilização. Universidade Federal da Bahia pp. 159.
- Carvalho, M., Basch, G., Alpendre, P., Brandão, M., Santos, F., Figo, M., 2005. A adubação azotada do trigo de sequeiro: O problema da sua eficiência. *Melhoramento*, 40 pp.5-37.
- Carvalho, M., Freixial, R., 2009. A Agricultura de Conservação e a Sementeira Directa em Culturas Arvenses". APMA- Caderno Nº 6, Set/Outubro.
- Carvalho, M., 2011. Corre Portugal o risco de desertificação ?, Artigo publicado na UELINE - Jornal Online da Universidade de Évora a Junho 16, 2011.
- Daaloul Bouacha, O., Nouaigui, S. & Rezgui, S., 2014. Effects of N and K fertilizers on durum wheat quality in different environments. *Journal of Cereal Science*, 59(1), pp.9–14.

- Dee, S.M. & Ahn, C., 2014. Plant tissue nutrients as a descriptor of plant productivity of created mitigation wetlands. *Ecological Indicators*, 45, pp.68–74.
- Deen, W. & Kataki, P., 2003. Carbon sequestration in a long-term conventional versus conservation tillage experiment. *Soil and Tillage Research*, 74(2), pp.143–150.
- Deen, B. 2013. Cover Crop Research and the Bottom Line. 8<sup>o</sup> Annual MCDC Meeting, London, Ontario.
- Derpsch, R., Franzluebbers, A.J., Duiker, W. S., Reicosky, D.C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny, W.G., Sá, J.C.M., Weiss, K., 2014. Why do we need to standardize no-tillage research? *Soil and Tillage Research*, 137, pp.16–22.
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Hongwen, L., 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal Agricultural and Biological Engineering*, 3(1).
- Derpsch, R. 2008. – No-Tillage and Conservation Agriculture: A Progress Report. Conservation Tillage Series, Number 3. The Pennsylvania State University.
- Devita, P., Dipaolo, E., Fecondo, G., Difonzo, N., Pisante, M., 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*, 92(1-2), pp.69–78.
- Dias, C.I.A.B., 2008. Água nas plantas. , pp.4–53.
- Duan, Y., Xu, M., Gao, S., Yang, X., Huang, S., Liu, H., Wang, B., 2014. Nitrogen use efficiency in a wheat–corn cropping system from 15 years of manure and fertilizer applications. *Field Crops Research*, 157, pp.47–56.
- FAO, 2013. *FAO Statistical Yearbook - World Food and Agriculture* Food and Agriculture Organization of the UN, ed., Rome.
- Fox, G., Weersink, A., Sarwar, G., Duff, S., Deen, B., 1991. Comparative Economics of Alternative Agricultural Production Systems. *Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics*, pp. 124-142.
- Freixial, R., & Carvalho, M., 2004. A Sementeira Directa de Culturas Arvenses. Porque? Uma Experiência no Alentejo. *Vida Rural*, (1700), pp 38-40.
- Freixial, R., 2010. A Agricultura é uma actividade Multifuncional. *País Económico* nº 100 Dez-2010. Economipress- Edição de Publicações e Marketing pp 40-42.
- Freixial, R. & Carvalho, M., 2013. As fases de transição e consolidação da agricultura de conservação e da sementeira directa ( AC / SD ) em culturas anuais nas condições mediterrâneas. , pp.36–40.
- Friedrich, T. & Kassam, A., 2012. No-till Farming and the Environment: Do No-Till Systems Require More Chemicals? *Outlooks on Pest Management*, 23(4), pp.153–157.

- Galvão J., 1943. Temas da Agricultura Alentejana - A minha contribuição ao 1º Congresso de Ciências Agrárias Edição Especial,, publicadas em Folhas de Divulgação da Brigada Técnica da xiv Região, com os n.os33-34-35-36 e 37.
- Gao, X., Lukow, O.M. & Grant, C. a., 2012. Grain concentrations of protein, iron and zinc and bread making quality in spring wheat as affected by seeding date and nitrogen fertilizer management. *Journal of Geochemical Exploration*, 121, pp.36–44.
- Halvorson, A.D., Alley, M.M., Murphy L.S., 1987. Nutrient requirements and fertilizer use. *Wheat and wheat improvement*, E. G. Heyne edition, Wisconsin, pp. 345-383
- Hawkesford, M.J., 2014. Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of cereal science*, 59(3), pp.276–283.
- Heijden V. D., Wiemken A., Sanders I.R., 2003. Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plants. *New Phytologist* (157), pp 569-578.
- Hejcman, M., Kunzová, E. & Šrek, P., 2012. Sustainability of winter wheat production over 50 years of crop rotation and N, P and K fertilizer application on illimerized luvisol in the Czech Republic. *Field Crops Research*, 139, pp.30–38.
- Hernanz, J. L., Girón, V. S. and Cerisola, C., 1995. Long-Term Energy Use and Economic Evaluation of Three Tillage Systems for Cereal and Legume Production in Central Spain. *Soil Tillage Research*, 35,pp.183-198.
- INE, 2013. *Estatísticas Agrícolas 2013*.
- Jiao, Y., Whalen, J.K. & Hendershot, W.H., 2006. No-tillage and manure applications increase aggregation and improve nutrient retention in a sandy-loam soil. *Geoderma*, 134(1-2), pp.24–33.
- Kang, L., Yue, S. & Li, S., 2014. Effects of Phosphorus Application in Different Soil Layers on Root Growth, Yield, and Water-Use Efficiency of Winter Wheat Grown Under Semi-Arid Conditions. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(9), pp.2028–2039.
- Kato, Y. & Yamagishi, J., 2011. Long-term effects of organic manure application on the productivity of winter wheat grown in a crop rotation with maize in Japan. *Field Crops Research*, 120(3), pp.387–395.
- Kreuz, C. & Lanzer, E., 1995. Funções de Produção Von Liebig com Rendimentos Decrescentes. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* Brasília, 30(1), pp.95 – 106.
- Louwagie, G., Gay, S. & Burrel, A., 2009. Final report on the project “ Sustainable Agriculture and Soil Conservation ( SoCo )”,.
- Lyon, D.J. & Hergert, G.W., 2012. Nitrogen fertility in semiarid dryland wheat production is challenging for beginning organic farmers. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29(01), pp.42–47.

- Mahanta, D. Rai, R.K., Mishra, S.M., Raja, A., Purakayastha, T.J., Varghese, E., 2014. Influence of phosphorus and biofertilizers on soybean and wheat root growth and properties. *Field Crops Research*, 166, pp.1–9.
- Malingreau, J., Eva, H. & Maggio, A., 2012. NPK : Will there be enough plant nutrients to feed a world of 9 billion in 2050 ?Foresight and Horizon Scanning Series, JRC Science and Policy Reports.
- Mao, J., Olk, D.C., Fang, X., He Z., Schmidt-Rohr, K., 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. *Geoderma*, 146(1-2), pp.353–362.
- Mohammad, W., Shehzadi, S. & Shah, S.A., 2012. Effect of tillage , rotation and crop residues on wheat crop productivity , fertilizer nitrogen and water use efficiency and soil organic carbon status in dry area ( rainfed ) of north-west Pakistan. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* , 12(4), pp.715–727.
- Newman, E.I., 1988. Mycorrhizal links between plants: their functioning and ecological significance. *Advances in Ecological Research*, 18 pp. 243-270.
- Moussa-Machraoui, B., Errouissi, F., Bem-Hammouda, M., Nouira, S., 2010. Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia. *Soil and Tillage Research*, 106(2), pp.247–253.
- Pimentel, D., & Giampietro, M., 1994. *Food, Land, Population and the U.S. Economy*. Washington D.C.: Carrying Capacity Network.
- Pinstrup-andersen, P. & Pandya-lorch, R., 1999. *World Food Prospects: Critical issues for the early Twenty-First Century*. Washington D.C.: International Food Policy Research Institute, pp.1-30.
- Ritter, J. & Eng, P., 2012. *Soil Erosion — Causes and Effects*. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, (12), pp.1–8.
- Rose, F., Gargano, N., & Saez, R. 2003. *Situação da Agricultura em Portugal*. Direcção Geral de Agricultura, pp. 78.
- Sampaio,J., 1990. *A cultura do Trigo*. Lisboa, Direcção-Geral de Planeamento e Agricultura, pp 1-117.
- SANTOS, H.P., Reis, E.M., Pereira, L.R., 1990. Rotação de culturas. XVII. Efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular do trigo de 1980 a 1987. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.*, Brasília, 25(11), pp.1627-1635, nov.
- Santos, M., 2011. *Contributos para o conhecimento sobre o passado do Alentejo*. Évora, Universidade de Évora, pp. 1-66.



- Sartor, L.R., Assmann, A.L., Assmann, T.S., Bigolin, P.E., Miyazawa, M., Carvalho, P.C.F. 2012. Effect of Swine Residue Rates on Corn , Common Bean, Soybean and Wheat Yield, (1), pp.661–669.
- Schachtman, D.P., Reid, R.J., Ayling, S.M., 1998. Update on Phosphorus Uptake  
Phosphorus Uptake by Plants : From Soil to Cell. American Society of Plant Physiologists, pp.447–453.
- Sérgio, A., Araújo, F., Mariano, G., Xavier, A., Flavia, C., Silva, C., José, E., Paulo A., Ocheuze, Cesar., 2005. Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde ( *Crotalaria juncea* ) e / ou uréia 1. , pp.284–289.
- Simmons, F.W. & Nafziger, E.D., 1985. Soil Management and Tillage. Illinois Agronomy Handbook (10), pp.133–142.
- Singh, J.S., Pandey, V.C. & Singh, D.P., 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140(3-4), pp.339–353.
- Stallings, J.H., 1950. Erosion of topsoil reduces productivity. USDA, SCS-TP98 pp. 1-38.
- Wang, Y., Chi, S., Ning, T., Tian, S., Li, Z., 2013. Coupling Effects of Irrigation and Phosphorus Fertilizer Applications on Phosphorus Uptake and Use Efficiency of Winter Wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(2), pp.263–272.
- Xu, M., Li, D., Li, J., Qin, D., Kazuyuki, Y., Hosen, Y., 2008. Effects of Organic Manure Application with Chemical Fertilizers on Nutrient Absorption and Yield of Rice in Hunan of Southern China. *Agricultural Sciences in China*, 7(10), pp.1245–1252.
- Yang, F., Du, M., Tian, X., Eneji, A.E., Duan, L., Li, Z., 2014. Plant growth regulation enhanced potassium uptake and use efficiency in cotton. *Field Crops Research*, 163, pp.109–118.
- Yang, X., Sun, B. & Zhang, S., 2014. Trends of Yield and Soil Fertility in a Long-Term Wheat-Maize System. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(2), pp.402–414.
- Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K., Misopolinos, N., 2002. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), pp.137–146.
- Zhao, S., He, P., Qiu, S., Jia, L., Liu, M., Jin, J., Johnston, A.M., 2014. Long-term effects of potassium fertilization and straw return on soil potassium levels and crop yields in north-central China. *Field Crops Research*, 169, pp.116–122.