



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE BRAGANÇA**

Escola Superior Agrária

**Produtividade de colza, girassol e soja em situações culturais diversas:
variedades; datas de sementeira; e adubação azotada**

Nelson Cussupa Tipewa

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau
de Mestre em Agricultura Tropical

Orientado por

Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Coorientado por

Professora Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues

Bragança

2017

A minha família

Agradecimentos

Ao longo deste percurso foram várias as pessoas que contribuíram de forma direta e indireta, e como tal não poderia deixar de expressar o meu reconhecimento a todas elas.

Em primeiro lugar, tenho a agradecer aos meus orientadores, Professor Doutor Manuel Ângelo Rodrigues e Professora Doutora Margarida Arrobas Pereira Rodrigues, que foram incansáveis no desenvolvimento da dissertação, desde a disponibilidade, incentivo, apoio e amizade, dedicadas ao longo do trabalho.

Ao Professor Doutor Carlos Aguiar, que desde o início desta longa caminhada esteve por perto, como professor, coordenador de área científica e amigo acima de tudo, que sempre se preocupou em direcionar cada um de nós a um possível orientador.

À equipa do Laboratório de Solos da Escola Superior Agrária de Bragança, à Sra. Eng^a Ana Pinto, à Técnica Rita Diz, à Eng^a Isabel Ferreira e à Eng^a Sara Freitas, pelo apoio sensacional na realização das análises laboratoriais.

Ao Eng^a Técnico José Rocha, pela permanente disponibilidade e pelo apoio nos trabalhos de campo.

Quero também agradecer à minha equipa de trabalho de campo, Rosalino Viegas e Xénia de Sousa, pelo apoio e dedicação prestado ao longo dos ensaios experimentais, aos meus colegas de curso de Agricultura Tropical que, direta ou indiretamente, me apoiaram e acompanharam. Ao elenco de luxo do Núcleo Regional Angolano/Bragança pelo contributo prestado e aos meus amigos, em especial ao Felizardo Neto, pelas noites perdidas e à Patrícia Teixeira pelo seu contributo no trabalho escrito, bem como às minhas meninas de Bragança e do Porto, pelo apoio, atenção e carinho, agradeço a amizade de todos, não só por este ano, mas sim, por outros momentos e percursos percorridos e importantes na minha vida.

Para culminar, agradeço à Deus todo-poderoso, minha família em geral, e em especial os meus pais e irmãos, pela força incondicional e palavras de estímulos, que mesmo distantes nunca cansaram-se de apoiar e incentivar o meu percurso académico.

A todos que, apesar de não serem referenciados, duma forma ou de outra contribuíram para que este trabalho se tornasse possível.

A todos, o meu muito obrigado “*Tuapamdula*”.

ÍNDICE

Resumo	1
Abstract	3
1. A CULTURA DA COLZA	5
1.1. Generalidades e estatísticas	5
1.1.1. <i>Origem e história</i>	5
1.1.2. <i>Classificação botânica</i>	5
1.1.3. <i>Importância da cultura</i>	6
1.1.4. <i>A cultura da colza no mundo</i>	7
1.2. Aspectos relevantes da técnica cultural da colza.....	9
1.2.1. <i>Fertilização</i>	10
1.2.2. <i>Ciclo cultural</i>	10
1.2.3. <i>Híbridos de variedades</i>	11
1.2.4. <i>Época de sementeira</i>	12
1.2.5. <i>Densidade de sementeira</i>	12
2. A CULTURA DO GIRASSOL	15
2.1. Generalidades e estatísticas	15
2.1.1. <i>Origem e história</i>	15
2.1.2. <i>Aspectos botânicos</i>	15
2.1.3. <i>Importância da cultura</i>	16
2.1.4. <i>A cultura do girassol no mundo</i>	17
2.1.5. <i>A cultura do girassol em Angola</i>	19
2.1.6. <i>A cultura do girassol em Portugal</i>	21
2.2. Aspectos relevantes da técnica cultural do girassol.....	23
2.2.1. <i>Aspectos fenológicos</i>	23
2.2.2. <i>Fertilização</i>	23
2.2.3. <i>Híbridos e variedades</i>	24

2.2.4. Época de sementeira	24
2.2.5. Densidade de sementeira	25
3. A CULTURA DA SOJA	27
3.1. Generalidades e estatísticas	27
3.1.1. Origem e história	27
3.1.2. Aspetos botânicos	27
3.1.3. Importância da Cultura.....	28
3.1.4. A cultura da soja no mundo	28
3.1.5. A cultura da soja em Angola	31
3.1.6. A cultura da soja em Portugal	32
3.2. Aspetos relevantes da técnica cultural da soja.....	33
3.2.1. Combate a infestantes	33
3.2.2. Exigências hídricas	34
3.2.3. Fixação biológica do azoto na cultura da soja.....	34
3.2.4. Híbridos e variedades	35
3.2.5. Época de sementeira	36
3.2.6. Densidade de sementeira	37
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1. Ensaios de campo.....	39
4.1.1. Localização	39
4.1.2. Clima	39
4.1.3. Solo.....	40
4.1.4. Delineamento experimental.....	41
4.1.5. Técnica cultural.....	42
4.1.5.1. Colza.....	42
4.1.5.2. Girassol.....	42
4.1.5.3. Soja.....	43

4.2. Determinações de campo	44
4.2.1. Colza.....	44
4.2.2. Girassol	45
4.2.3. Soja.....	45
4.3. Determinações laboratoriais e técnicas analíticas.....	45
4.4. Análise estatística dos resultados.....	46
5. RESULTADOS.....	47
5.1. Evolução do estado fenológico das plantas nos diferentes ensaios	47
5.2. Evolução da biomassa e azoto exportado ao longo do ciclo vegetativo da colza	50
5.3. Produção de biomassa e azoto exportado pela colza na colheita.....	54
5.4. Parâmetros biométricos da planta de girassol.....	56
5.5. Produção de grão de girassol	59
5.6. Relação entre características biométricas da planta e produção de grão em girassol	60
5.7. Produção de biomassa, concentração de azoto nos tecidos e azoto exportado na cultura da soja	62
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	65
6.1. Evolução do estado fenológico das plantas da colza, girassol e soja.....	65
6.2. Evolução da biomassa/produção ao longo do ciclo vegetativo e colheita da colza	66
6.3. Parâmetros biométricos da planta de girassol.....	68
6.4. Produção de grão de girassol	69
6.5. Relação entre características biométricas da planta e produção de grão em girassol	70
6.6. Produção de biomassa, concentração de azoto nos tecidos e azoto exportado na cultura da soja	71
7. CONCLUSÕES.....	73
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

ÍNDICE DE FUGURAS

Figura 1. Evolução da produção mundial da colza nos últimos 20 anos.	7
Figura 2. Evolução do rendimento mundial da colza nos últimos 20 anos.....	7
Figura 3. Importância relativa da colza em várias regiões do globo em 2014.	8
Figura 4. Produção total anual nos cinco maiores produtores mundiais da colza até o ano de 2014.	8
Figura 5. Evolução da produção mundial do girassol nos últimos 20 anos.....	17
Figura 6. Evolução do rendimento mundial do girassol nos últimos 20 anos.	18
Figura 7. Importância relativa do girassol em várias regiões do globo no ano de 2014.	19
Figura 8. Produção total anual nos cinco maiores produtores mundiais do girassol até o ano de 2014.	19
Figura 9. Evolução da produção do girassol em Angola nos últimos 20 anos.....	20
Figura 10. Evolução do rendimento do girassol em Angola nos últimos 20 anos.....	20
Figura 11. Evolução da produção do girassol em Portugal nos últimos 20 anos.....	21
Figura 12. Evolução do rendimento do girassol em Portugal nos últimos 20 anos.....	22
Figura 13. Evolução da produção mundial da soja nos últimos 20 anos.	29
Figura 14. Evolução do rendimento mundial da soja nos últimos 20 anos.....	29
Figura 15. Importância relativa da soja em várias regiões do globo no ano se 2014.	30
Figura 16. Produção total anual nos cinco maiores produtores mundiais da soja até o ano de 2014.	30
Figura 17. Evolução da produção da soja em Angola nos últimos 20 anos.	31
Figura 18. Evolução do rendimento da soja em Angola nos últimos 20 anos.....	32
Figura 19. Valores da temperatura média do ar (linha) e precipitação mensal acumulada (barras) da normal climatológica 1971-2000 da estação meteorológica de Bragança. ...	40
Figura 20. Valores da temperatura média do ar (linha) e precipitação mensal acumulada (barras) de setembro de 2015 a outubro de 2016.	40

Figura 21. Evolução da fenologia da planta ao longo da estação de crescimento de acordo com a escola proposta por Mendham e Salisbury (1995). O esquema foi retirado de (Rodrigues, et al., 2010)	48
Figura 22. Evolução da fenologia da planta ao longo da estação de crescimento de acordo com a escola proposta por Schneiter e Miller (1981).	49
Figura 23. Evolução da fenologia da planta ao longo da estação de crescimento de acordo com a escala proposta por Fehr e Caviness (1977).	49
Figura 24. Produção de matéria seca pela colza distribuída por folhas e raízes nos tratamentos sem (N0) e com fertilizantes (N1) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1) e 16/10/2015 (DS2) na colheita efetuada em Novembro de 2015.	50
Figura 25. Azoto exportado na biomassa da colza distribuído por folhas e raízes nos tratamentos sem (N0) e com fertilizante (N1) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1) e 16/10/2015 (DS1) na colheita efetuada em Novembro de 2015.....	51
Figura 26. Produção de matéria seca pela colza distribuída por folhas e raízes nos tratamentos sem (N0) e com fertilizantes (N1) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1), 16/10/2015 (DS2) e 14/11/2015 (DS3) na colheita efetuada em Fevereiro de 2016.....	52
Figura 27. Azoto exportado na biomassa distribuído por folhas e raízes nos tratamentos sem (N0) e com fertilizantes (N1) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1), 16/10/2015 (DS2) e 14/11/2015 (DS3) na colheita efetuada em Fevereiro de 2016.....	53
Figura 28. Acumulação de matéria seca na biomassa aérea nos tratamentos fertilizantes N0 (0 kg N ha ⁻¹), N1 (50 kg N ha ⁻¹), N2 (100 kg N ha ⁻¹) e N3 (150 kg N ha ⁻¹) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1), 16/10/2015 (DS2) e 14/11/2015 (DS3) na colheita efetuada em Março de 2016	54
Figura 29. Azoto exportado na biomassa aérea nos tratamentos fertilizantes N0 (0 kg N ha ⁻¹), N1 (50 kg N ha ⁻¹), N2 (100 kg N ha ⁻¹) e N3 (150 kg N ha ⁻¹) e nas datas de sementeira de DS1, DS2 e DS3 na colheita efetuada em Março de 2016	55
Figura 30. Produção de grão, palha e matéria seca total em função da data de sementeira (DS1, DS2 e DS3) e da dose de azoto (N0, N1, N2, N3 representam 0, 50, 100 e 150 kg N ha ⁻¹).....	55

Figura 31. Azoto exportado no grão, na palha e total em função da data de sementeira (DS1, DS2 e DS3) e da dose de azoto (N0, N1, N2, N3 representam 0, 50, 100 e 150 kg N ha ⁻¹).....	56
Figura 32. Média da altura das plantas de girassol de seis variedades e duas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m ⁻²).....	57
Figura 33. Média do diâmetro do caule das plantas de girassol de seis variedades e duas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m ⁻²).....	58
Figura 34. Média do diâmetro do capítulo das plantas de girassol de seis variedades e duas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m ⁻²).....	58
Figura 35. Média da produção de grão de girassol de seis variedades e duas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m ⁻²).....	59
Figura 36. Índice de colheita para as seis variedades e respectivas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m ⁻²).....	60
Figura 37. Variação da produção de grão em função da altura da planta de girassol.	61
Figura 38. Variação da produção de grão em função do diâmetro do caule de girassol.	61
Figura 39. Variação da produção de grão em função do diâmetro do capítulo do girassol.	62
Figura 40. Matéria seca na parte aérea (esquerda), concentração de azoto nos tecidos (centro) e azoto exportado na cultura da soja sujeita a quatro densidades de sementeira, respetivamente 33,3 (D33), 25,0 (D25), 20,0 (D20) e 13,3 (D13) plantas m ⁻²	63

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Algumas características do solo na data da instalação do ensaio.	41
---	----

RESUMO

O cultivo de plantas oleaginosas tem aumentando extraordinariamente um pouco por todo o mundo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes aspetos culturais no comportamento da colza, girassol e soja em ensaios de campo. Os ensaios decorreram de setembro de 2015 a outubro de 2016 em Bragança (Portugal).

No ensaio da colza avaliou-se a resposta da cultura em três datas de sementeiras (25/09/2015, 16/10/2015 e 14/11/2015) e quatro modalidades de fertilização azotadas (fundo+cobertura: 25+125 kg N ha⁻¹; 25+75 kg N ha⁻¹; 25+25 kg N ha⁻¹ e testemunha, sem aplicação de azoto). O ensaio foi conduzido em regime de sequeiro. No ensaio de girassol avaliaram-se alguns parâmetros morfológicos e a produtividade de seis variedades híbridas, cinco das quais recomendadas para o território português (Kiara, P63HH79, Oleko, Fortini e Mooelli) e uma para o território angolano (Chitra), quando cultivadas em duas densidades 40 000 (D4) e 60 000 (D6) plantas/ha também em regime de sequeiro. No ensaio da soja avaliou-se a produção de biomassa de uma variedade recomendada para o território angolano (Tabarana), quando cultivada em quatro densidades (133333, 200000, 250000 e 333333 plantas/ha) em regime de regadio.

Na colza, as diferentes datas de sementeiras revelaram diferenças significativas na produção de biomassa e no azoto exportado avaliados em três colheitas na fase vegetativa. A adubação azotada efetuada em fundo (antes da sementeira) não originou diferenças significativas na produção de biomassa e azoto exportado na primeira e na segunda colheita efetuadas na fase vegetativa antes da adubação de cobertura. Na terceira colheita efetuada após a adubação de cobertura, já foram registadas diferenças significativas entre os tratamentos fertilizantes. Na colheita, as diferentes datas de sementeiras revelaram diferenças significativas na produção de biomassa (na palha e no grão) e no azoto exportado. Quanto mais precoce a sementeira maior foi a produção e o azoto exportado. A adubação azotada também originou diferenças significativas entre tratamentos, tendo a produção aumentado até à dose de 100 kg N ha⁻¹. A produção de grão atingiu 6000 kg ha⁻¹ na modalidade mais produtiva. Os resultados mostraram de forma inequívoca grandes vantagens na sementeira precoce, devendo, se possível, ser efetuada ainda em setembro nesta região. A planta respondeu também a doses moderadas de azoto.

No girassol, os diferentes híbridos revelaram características morfológicas distintas relativamente à altura, diâmetro do caule e diâmetro do capítulo. Estes parâmetros variaram também de forma significativa em função da densidade de plantação. As plantas cultivadas na densidade D4 apresentaram-se mais vigorosas, sendo significativamente mais altas, com maior diâmetro do caule e do capítulo e maior produção de grão por planta. Na densidade D4 a produção por unidade de área tendeu a ser superior relativamente a D6. Foi estabelecida uma relação linear significativa nos diferentes parâmetros de vigor entre si e entre estes e a produção de grão por planta. De notar que entre o diâmetro do caule e a produção de grão por planta foi estabelecida uma relação linear significativa com $R^2=0,79$. A variedade mais produtiva foi a Kiara, com 2886 kg/ha.

Na soja as diferentes densidades de sementeiras não originaram diferenças significativas na produção de biomassa, concentração de azoto na planta e azoto exportado, embora estes parâmetros tenham aumentado de forma consistente com a densidade de sementeira, sugerindo o resultado que será possível obter melhores produções com a densidade mais elevadas (33,3 plantas m^{-2}). Contudo, as plantas não terminaram o ciclo, não sendo possível registar a produção de grão. Nesta região o cultivo de soja terá de estar baseado em variedades de ciclo mais curto.

Palavras-chave: *Brassica napus*; *Helianthus annuus*; *Glycine max*; índice de colheita; azoto recuperado

ABSTRACT

The cultivation of oil crops has increased extraordinarily across the world. The present work reports results of field trials conducted with three important oilseed crops, namely rapeseed, sunflower and soybean. The field trials were carried out from September 2015 to October 2016 in Bragança (Portugal).

In the rapeseed trial it was assessed the crop response to three sowing dates (09/25/2015, 10/16/2015 and 11/14/2015) and four nitrogen fertilizer rates (preplant + top-dress: 25 + 125 kg ha⁻¹; 25 + 75 kg ha⁻¹; 25 + 25 kg ha⁻¹ and control, without nitrogen application). The experiment was conducted under rainfed conditions. In the sunflower trial, there were evaluated several morphological parameters and the productivity of six hybrid varieties, five of which recommended for the Portuguese territory (Kiara, P63HH79, Oleko, Fortini and Mooelli) and one for the Angolan territory (Chitra), when cultivated in two seeding densities 40 000 (D4) and 60 000 (D6) plants ha⁻¹. The trial was also established in a rainfed regime. In the soybean trial, the biomass production of a variety recommended for the Angolan territory (Tabarana) was evaluated when cultivated in four seeding densities (133333, 200000, 250000 and 333333 plants ha⁻¹) under irrigation.

In rapeseed, the different sowing dates gave significant differences in dry matter yield and nitrogen recovery when evaluated in three sampling dates during the vegetative phase. Nitrogen applied as top-dress (before sowing) did not produce significant differences in dry matter yield and nitrogen recovery in the first and second harvests carried out in the vegetative phase before top-dress N fertilization. In the third harvest after top-dress fertilization, significant differences between fertilizer treatments were already registered. At harvest, different sowing dates revealed significant differences in dry matter yield (straw and grain) and in nitrogen recovery. The earlier the sowing the higher the dry matter yield and nitrogen recovery. Nitrogen fertilization also resulted in significant differences between treatments, with grain yield increasing up to the rate of 100 kg N ha⁻¹. Grain yield reached 6000 kg ha⁻¹ in the most productive plots. The results unequivocally showed great advantages in early sowing. In the region, if possible, sowing should be performed in September. The plant also responded to moderate nitrogen rates.

In the sunflower, the different hybrids showed distinct morphological traits regarding the height, stem diameter and diameter of the flower head (*capitulum*). These parameters also varied significantly as a function of planting density. The plants grown at D4 density were more vigorous, being significantly higher, with greater diameter of the stem and the flower head, and producing more grain per plant. At density D4 the grain yield per unit area tended to be higher than at D6. A significant linear relationship was established between the different parameters of vigor and between these and the grain yield per plant. It should be noted that between the stem diameter and the grain yield per plant, a significant linear relationship was also established with a high coefficient of determination ($R^2 = 0.79$). The most productive variety was Kiara, reaching 2886 kg grain ha⁻¹.

In soybean the different seeding densities did not produce significant differences in above-ground biomass production, nitrogen concentration in plant tissues and nitrogen recovery, although the average of these parameters increased consistently with seeding density. This result suggests that it will be possible to obtain better yields with a high seeding density (33.3 plants m⁻²). However, in the conditions of this experiment the plants did not complete the growing cycle and it was not possible to record the production of grain. In this region growing soybean must be based on early season varieties.

Key words: *Brassica napus*; *Helianthus annuus*; *Glycine max*; harvest index; nitrogen recovery

1. A CULTURA DA COLZA

1.1. Generalidades e estatísticas

1.1.1. Origem e história

A história sugere que a colza já era cultivada na Índia há 2.000 a.C. e que foi introduzida na China e no Japão no início da era cristã. Existem relatos da introdução do grão no Japão, por meio da China ou Península Coreana, há cerca de dois mil anos. A cultura era usada como hortaliça, no século VI, e o seu óleo era usado pelas civilizações orientais e do mediterrâneo em lamparinas (para iluminação) e na fabricação de sabões no século XIV (Mori et al., 2014).

O nome canola foi inicialmente registrado pela *Western Canadian Oilseed Crushers Association* para referir-se ao óleo, torta, semente e farelo provenientes de variedades, que contêm 5% ou menos de ácido erúcido no óleo e 5 mg ou menos por grama de glucosinolatos normalmente medidos na torta. O nome vem de *Canadian Oil, Low Acid*, palavra bem mais agradável do que o nome original, que seria *low erucic acid rapeseed oil*, ou seja, óleo de colza com baixo teor de ácido erúcido (InvestAgro, 2012).

1.1.2. Classificação botânica

De acordo com Ferreira, (2009), dentro do género *Brassica* existem duas espécies que não desenvolvem raiz tuberosa e são habitualmente cultivadas como oleaginosas. *Brassica napus* L. var. *oleífera* Megtz, pertencente à família Brassicaceae, terá resultado do cruzamento entre *Brassica oleracea*, à qual pertencem muitas variedades de couve, e *Brassica rapa*, espécie mais antiga que engloba também os nabos, couves chinesas e outras hortaliças orientais. *Brassica napus* L. é a colza de cultivo mais generalizada, incluindo Europa e Canadá. Dentro desta espécie são cultivadas variedades de inverno e de primavera. São também cultivadas como oleaginosas cultivares da espécie *Brassica rapa* L., sobretudo nas regiões Oeste do Canadá. É uma espécie particularmente tolerante ao frio, atingindo taxas de crescimento elevadas sob baixas temperaturas. Aproximadamente 50% das variedades de colza cultivadas na parte Oeste do Canadá são da espécie *B. rapa*, onde se incluem variedades

de semente castanha e as variedades de semente amarela, estas com maior teor em óleo e proteína e menor conteúdo em taninos.

Segundo Garcia (1999), a colza é uma planta de raiz pivotante e com tendência a aprofundar, mas tem boa aptidão para ramificar-se em outras raízes secundárias, sobretudo quando encontra obstáculos para aprofundar a raiz principal. O seu caule alcança uma altura de 1,40-1,80 m. As folhas inferiores são pecioladas, as superiores lanceoladas e inteiras. As flores são pequenas, amarelas e constam de quatro sépalas, quatro pétalas dispostas em cruz, seis estames (quatro deles mais alargados que os outros dois) e pistilo. Agrupam-se em racimos terminais. Os frutos são silículas, cujas bainhas tem entre 5 e 6 cm de longitude, de acordo com as variedades. O número de grãos por bainha é de 20-25, dependendo da variedade. As sementes são esféricas, de 2 a 2,5 mm de diâmetro e, uma vez maduras, têm uma cor castanha, avermelhada ou preta. O número de grãos em 1 kg de semente está compreendido entre 300 000 e 400 000.

1.1.3. Importância da cultura

A colza tem uma grande importância económica, destacando-se como a terceira oleaginosa mais produzida mundialmente consequência da qualidade e conteúdo de óleo nos grãos (34 a 38%) e elevada quantidade de proteína (24 a 27%). O óleo de colza é de elevado teor em ómega-3 (ácido linolénico), vitamina E, gorduras monoinsaturadas, baixo teor de gorduras saturadas e melhor composição de ácidos gordos, comparativamente com outros óleos vegetais, de modo que é uma importante fonte de “gorduras benéficas” para a alimentação humana (Chavarria et al., 2011). É considerada um alimento proteico que possui de 23 a 25,5% de proteína bruta na matéria seca, porém de valor biológico inferior à da soja (Santos et al., 2009).

De acordo com Rodrigues et al. (2010), o forte aumento da produção de colza deve-se à melhoria progressiva da qualidade do óleo para fins alimentares e dos bagaços para alimentação animal e, recentemente, ao facto de a colza estar a ser promovida em todo o mundo como cultura energética, devido às qualidades do óleo para produção de biodiesel. Atendendo à importância que tem vindo a ser dada às energias renováveis é de esperar que a importância da colza continue a aumentar a uma escala global.

1.1.4. A cultura da colza no mundo

A figura 1 mostra a evolução da produção da colza nos últimos 20 anos. Verifica-se que a produção tem aumentado de forma constante. Nas duas últimas décadas a produção mundial passou de 30 milhões de toneladas para valores próximos dos 73 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo médio aproximado de 2,65 milhões de toneladas por ano.

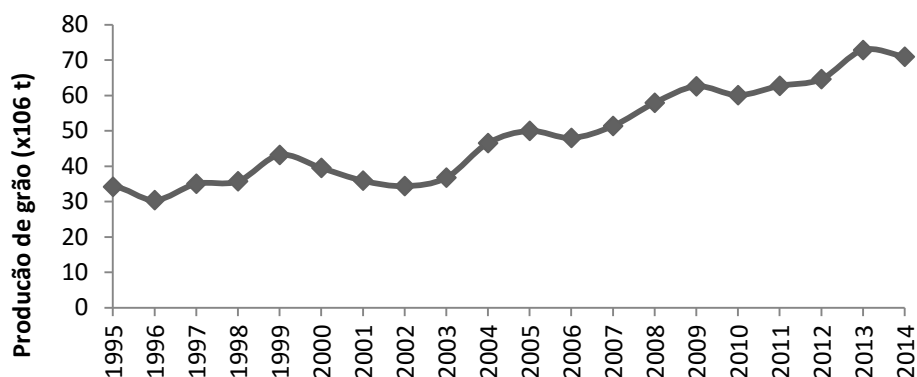


Figura 1. Evolução da produção mundial da colza nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

A figura 2 mostra a evolução do rendimento mundial da colza nos últimos 20 anos. Verifica-se que o rendimento mundial da colza tem aumentado de forma consistente. Nas duas últimas décadas o rendimento mundial da colza passou de 1300 kg ha⁻¹ para valores próximos dos 2100 kg ha⁻¹, o que representa um acréscimo médio próximo de 40 kg ha⁻¹ por ano no rendimento mundial do grão de colza.

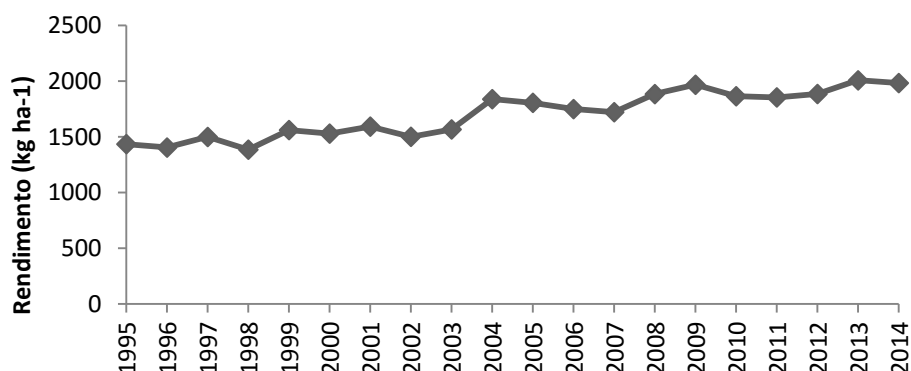


Figura 2. Evolução do rendimento mundial da colza nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

A figura 3 destaca a importância dos blocos Asiático, Europeu, Americano e Oceânia na produção mundial da colza.

Na figura 4 são apresentados os cinco países maiores produtores de colza no ano de 2014. A China continental lidera o ranking com uma produção próxima de 12 milhões de toneladas, seguida de Canadá e Índia. A Alemanha é o maior produtor europeu, seguida da França.

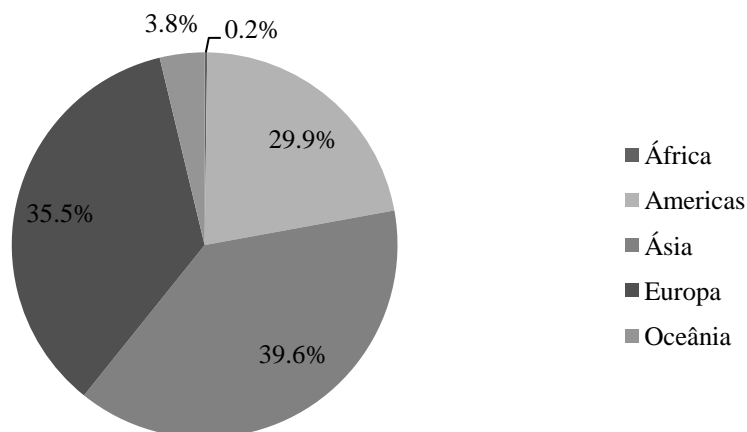


Figura 3. Importância relativa da colza em várias regiões do globo em 2014 (FAOSTAT, 2016).

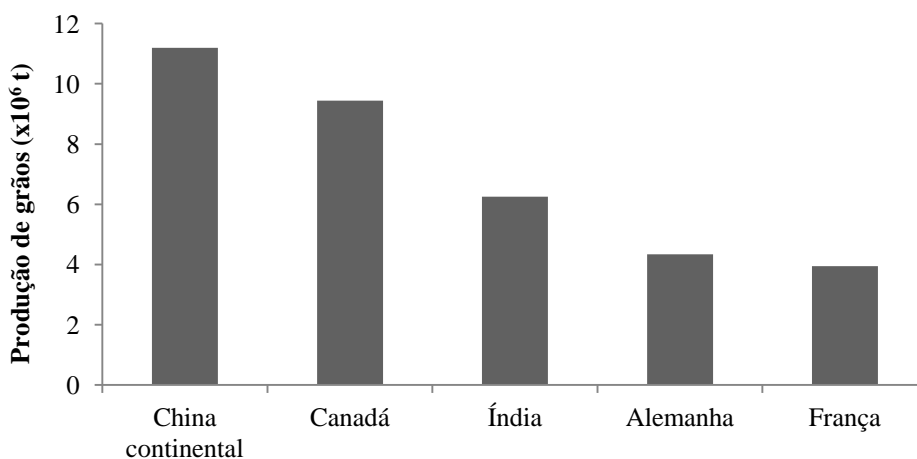


Figura 4. Produção total anual nos cinco maiores produtores mundiais da colza até o ano de 2014 (FAOSTAT, 2016).

Segundo Ferreira (2009), a colza é uma cultura sem tradição em Portugal, e com menos procura para fins alimentares. Produz matéria-prima a baixo custo e pode ser

cultivada em terrenos marginais, podendo ser uma alternativa interessante para a produção de biodiesel, pois o seu óleo é dos melhores para esta finalidade (índice de iodo <120).

De acordo com Rodrigues et al. (2010), a colza está a ser introduzida em Portugal para produção de biocombustíveis. Atendendo ao facto de se poder cultivar no período outono/inverno pode apresentar vantagens relativamente ao girassol quando cultivado em sequeiro, devido ao melhor aproveitamento dos recursos hídricos de inverno. A colza, com um ciclo cultural a terminar durante o mês de junho, fica também menos exposta a temperaturas elevadas. Estudos conduzidos no sul do país demonstraram ser possível obter mais de 2000 kg de semente por hectare com a cultura da colza. Apesar da importância desta cultura noutros países com condições ecológicas “semelhantes” a Portugal, a colza só agora está a ser difundida no país para fins comerciais, nomeadamente na região sul. Atendendo à extensa área que já foi cultivada em Trás-os-Montes com cereais, a região parece também ter potencial para entrar no circuito comercial da colza.

A colza é uma cultura particularmente bem adaptada a climas temperados frios. O ótimo ecológico à escala global situa-se na Europa Ocidental e Setentrional, sobretudo em países como Alemanha, Bélgica e Dinamarca. A produtividade média nacional naqueles países ultrapassa frequentemente 3500 kg ha⁻¹ semente. Nos países mediterrânicos a produtividade média decresce, devido à reduzida precipitação e temperaturas elevadas a partir da primavera. O stresse hídrico é um dos principais constrangimentos ao desenvolvimento da cultura nas regiões áridas. No mercado surgem variedades de inverno e de primavera, apresentando as primeiras elevadas necessidades de vernalização e maior tolerância ao frio, em particular na fase de roseta. Em Espanha, onde se cultiva colza há muitos anos, são recomendadas variedades de inverno com sementeira precoce, a partir de 10 de setembro, para as regiões mais frias e variedades de primavera com sementeira no outono, até novembro, para o Sul do país.

1.2. Aspetos relevantes da técnica cultural da colza

O cultivo da colza requer estações frescas, com mais humidade do que o trigo, e temperaturas frias durante a noite para poder se recompor do calor excessivo ou do clima seco. Adapta-se melhor em solos francos que não endurecem demasiadamente na superfície, e não levantam problemas na germinação. No entanto, também é possível obter-se uma boa produção em solos argilosos (InvestAgro, 2012).

De acordo com Bandeira et al. (2013), o rendimento em grão depende: do número de síliquas por planta, do número de grãos por síliqua, da massa de um grão e do número de plantas por unidade de área. No entanto, há componentes que influenciam indiretamente o rendimento, como o número de ramos primários, secundários e terciários e o comprimento dos ramos. Em colza, o principal componente de rendimento é o número de flores que se traduzem em síliquas. O número de síliquas é um fator de extrema importância, pois determina a produção de grãos de colza.

1.2.1. Fertilização

Sendo a colza uma planta da família *Brassicaceae*, apresenta elevadas exigências em enxofre. As extrações deste nutriente podem variar de 20 a 30 kg ha⁻¹. Têm também sido registadas interações significativas entre aplicações de enxofre e azoto, pelo que serão de preferir os adubos que também veiculem este nutriente. A aplicação de azoto em cobertura deverá fazer-se utilizando um adubo que também forneça enxofre, por exemplo, o sulfato de amónio (20,5% de N na forma amoniacal e 60% de enxofre) ou o sulfonitrato de amónio (26% de N, $\frac{3}{4}$ na forma amoniacal e $\frac{1}{4}$ na forma nítrica, e 37,5% de enxofre). A carência de enxofre produz uma floração deficiente com uma redução importante do rendimento (Ferreira, 2009).

De acordo com Kaefer et al. (2014), além da produção de grão, o N influencia a produção de matéria seca da parte aérea, a área foliar, o número e a massa seca de síliquas por planta e os teores de óleo nos grãos da colza. Contudo, há relatos de ausência de resposta ou até mesmo de efeito negativo de doses excessivas de N na produtividade de grãos de colza.

1.2.2. Ciclo cultural

As fases de desenvolvimento da cultura são de acordo com Ferreira (2009), as seguintes:

Sementeira/emergência – Este período pode ter a duração de 10 a 20 dias e decorre nos meses de outubro e novembro;

Emergência/roseta – Considera-se o curto período da fase cotiledonar, desde a emergência até ao aparecimento da primeira folha verdadeira, e decorre entre outubro e novembro;

Roseta/início do crescimento do caule – Começa com o desenvolvimento da primeira folha verdadeira e termina com o aparecimento do primeiro entrenó. Durante este período (outubro a finais de janeiro) formam-se seis ou mais folhas verdadeiras e verifica-se um grande desenvolvimento do sistema radicular;

Início do crescimento do caule/início da floração – Vai desde o surgimento do primeiro entrenó visível até à abertura da primeira flor. Esta fase começa 3 a 4 meses após a sementeira;

Início da floração/fim da floração – Esta fase pode observar-se 15 a 20 dias após o início do desenvolvimento do caule e processa-se escalonadamente de baixo para cima, podendo durar 30 a 40 dias. Como as plantas são de crescimento indeterminado, a fase de floração e o desenvolvimento das siliquis ocorre em simultâneo. O período de floração tende a ser mais longo nas variedades mais precoces, por ocorrer sob temperaturas mais baixas;

Fim da floração/maturação – Corresponde às fases finais de enchimento do grão e à maturação fisiológica das sementes. Este período ocorre desde o fim de abril ao início de junho.

1.2.3. Híbridos de variedades

As variedades de colza diferenciam-se em função da duração do ciclo e das horas de frio necessárias à floração. Podem agrupar-se em variedades de inverno e variedades de primavera. As variedades de inverno requerem bastante frio durante o período vegetativo para assegurar uma boa floração. Recomenda-se que a sementeira se realize cedo no outono, sobretudo na região Norte acima de Coimbra. Nesta situação a colheita deverá ocorrer entre finais de junho e princípios de julho. As variedades de primavera apresentam ciclo mais curto e necessitam menos de frio para a indução da floração. Nas latitudes mais altas da Europa e do Canadá são semeadas na primavera. Em Portugal, sobretudo no Sul, deverão ser semeadas no outono. A Sul a colheita poderá ser feita mais cedo, entre meados de maio a início de junho. A Norte a sementeira deverá ser realizada até 15 de Outubro, para cultivares de ciclo médio a longo (variedades de inverno) e até fim de novembro (no Sul) para variedades de primavera de ciclo médio a curto (Ferreira, 2009).

De acordo com Rodrigues et al. (2010), as variedades de colza cultivadas atualmente incluem-se majoritariamente na espécie *Brassica napus* L.. Na parte Oeste do Canadá cultivam-se variedades pertencentes à espécie *Brassica rapa* L. particularmente tolerantes ao frio. Na Finlândia, *B. rapa* é também a espécie dominante. Algumas variedades da espécie *B. rapa* cultivadas no Canadá são designadas de Canola (*Canadian oil, low acid*) por apresentarem teores reduzidos de ácido erúico no óleo e de glucosinolatos nos bagaços. Na Europa têm também sido obtidas variedades de colza praticamente livres de ácido erúico e glucosinolatos, normalmente designado de *duplo zero* (0:0).

1.2.4. Época de sementeira

Segundo Ferreira (2009), a data de sementeira é um fator primordial para o sucesso da cultura. Deverá efetuar-se em outubro, para que as plantas rapidamente façam uma cobertura completa na entrelinha garantindo a utilização mais eficiente da energia solar, melhor controlo de infestantes e da erosão. O atraso na data de sementeira tem como consequência uma diminuição significativa na produção de grão particularmente nas variedades de ciclo mais longo. Na sementeira poderá utilizar-se um semeador de linhas que permita ser regulado para distribuir sementes de reduzido calibre ou um semeador de sementeira direta. Deve-se, no entanto, ter cuidado com a profundidade de sementeira, que deverá ser no máximo de 1cm. A distância entre linhas poderá ser idêntica à dos cereais (18-25 cm).

1.2.5. Densidade de sementeira

A densidade de sementeira é difícil de regular, devido à dimensão da semente e ao reduzido peso de semente a aplicar por hectare. O povoamento a atingir em sequeiro poderá variar de 80 a 100 plantas/m². Para o garantir, recomenda-se o uso de 200 sementes viáveis por m². Se houver possibilidades de regar, esse valor poderá ser inferior. Dependendo do calibre da semente (que pode variar entre 2,5 a 7,6 g por 1000 sementes), do seu valor cultural e das condições em que a sementeira é efetuada deverão ser usados 5 a 6 kg de semente por hectare (Ferreira, 2009).

Segundo Krüger et al. (2012), na colza de inverno, a compensação em baixas densidades de plantas é obtida por meio da produção da maior área foliar e da maior produção de ramos e síliquas por plantas. O aumento da densidade de plantas nessa

espécie tende a afetar tanto os componentes da produtividade de grão, como modificações no conteúdo de óleo e redução no índice de colheita da cultura, como a maior estabilidade e uniformidade na produtividade de grãos, que é considerada mais estável quando as plantas estão uniformemente distribuídas.

2. A CULTURA DO GIRASSOL

2.1. Generalidades e estatísticas

2.1.1. Origem e história

Segundo Lira et al. (2011), o girassol (*Helianthus annuus* L.) é originário do continente americano, tendo como centro de origem o México. De acordo com Gazzola et al. (2012), o girassol teve inicialmente o Peru definido como seu centro de origem. Porém, pesquisas arqueológicas revelaram o uso de girassol por índios norte-americanos, com pelo menos uma referência indicando o cultivo nos Estados de Arizona e Novo México, por volta de 3000 anos a.C. Estudos indicam que a domesticação do girassol ocorreu principalmente, na região do México e Sudoeste dos EUA, mas a planta podia ser encontrada por todo continente americano devido à disseminação feita por ameríndios.

O girassol foi levado para a Europa por Espanhóis procedente da América do Norte e México. A partir de Espanha estendeu-se ao resto do continente Europeu. Durante os primeiros duzentos e cinquenta anos cultivou-se somente como ornamental. Na primeira década do século XIX, o girassol aclimatizou-se na Rússia e em 1980 o agricultor russo Bocáresv instalou uma pequena prensa para obter o seu óleo. Desde então, estendeu-se rapidamente como planta oleaginosa (Garcia, 1999).

2.1.2. Aspetos botânicos

O girassol é uma dicotiledónea anual, pertencente a ordem Asterales e família Asteraceae. O género deriva do grego helios, que significa sol, e de anthus, que significa flor, ou "flor do sol", que gira seguindo o movimento do sol. É um género complexo, compreendendo 49 espécies e 19 subespécies, sendo 12 espécies anuais e 37 perenes (Linhares, 2013). Dentro do género, a espécie *H. annuus* é de maior importância comercial, sendo utilizada sobre tudo como óleo alimentar (Borges et al., 2009).

O sistema radicular é pivotante. Ao longo do caule, distribuem-se as folhas em número e forma variáveis. Podem ser longopecioladas, alternadas, acuminadas, rombóides, dentadas, lanceoladas, e com pilosidade áspera em ambas as faces. A inflorescência é um capítulo, estando as flores dispostas ao longo do receptáculo floral, o qual apresenta brácteas imbricadas, compridas e ovais, ásperas e pilosas. A semente do

girassol é um fruto seco, do tipo aquênio, oblongo, geralmente achatado, composto pelo pericarpo (casca) e pela semente propriamente dita (polpa ou amêndoa) (Gazzola et al., 2012).

2.1.3. Importância da cultura

O girassol é uma cultura de grande potencial por permitir cultivos tanto no verão como no outono/inverno dependendo da região do globo (Lobo, 2006). É uma planta tolerante a seca e de baixa incidência de pragas e doenças (Souza et al., 2014).

Produz um óleo com excelente qualidade industrial e nutricional, sendo o seu uso como óleo comestível a principal utilização. As sementes são ricas em óleo raramente apresentando teores e óleo inferiores a 30%, chegando em algumas variedades híbridas a apresentar teores de óleo superiores a 50%. Em cada tonelada de sementes, extraem-se em média 400 kg de óleo, 250 kg de casca e 350 kg de torta para os animais, com 45% a 50% de proteína bruta (Lira et al., 2011).

A cultura do girassol destaca-se a nível mundial como a quinta oleaginosa em termos de produção, depois da soja, colza, algodão e amendoim. Quarta oleaginosa em produção de farelo depois da soja, colza e algodão e terceira em produção mundial de óleo, depois da soja e colza (Gazzola et al., 2012).

De entre os óleos vegetais, destaca-se pelas suas excelentes características físico-químicas, alta relação de ácidos gordos polinsaturados/saturados (65,3%/11,6%, em média), sendo que o teor de polinsaturados é constituído, quase na sua totalidade, pelo ácido linoléico (65%, em média). Este é essencial ao desempenho das funções fisiológicas do organismo humano e deve ser ingerido através dos alimentos, já que não é sintetizado pelo organismo. Por essas características, é um dos óleos vegetais de melhor qualidade nutricional e organolética do mundo. Pelo seu efeito na prevenção de diferentes doenças cardiovasculares e no controlo do nível de colesterol no sangue, o girassol converteu-se no símbolo da vida sadia (Castro et al., 1996).

O girassol é uma planta de múltiplos usos e da qual quase tudo se aproveita: o sistema radicular pivotante permite a reciclagem de nutrientes no solo; os caules podem ser utilizados no fabrico de material para isolamento acústico; as folhas juntamente com os caules promovem uma boa adubação, podendo a massa seca atingir de 3 a 5 toneladas por hectare (Gazzola et al., 2012). A partir das flores pode ser produzido mel.

As flores fecundadas dão origem aos frutos aquênios que contêm as sementes ricas em óleo de excelente qualidade nutricional. Esta cultura apresenta características desejáveis sob o ponto de vista agronómico, como ciclo curto, boa produtividade e elevada qualidade e rendimento em óleo, o que faz com que a mesma seja integrante de sistema de produção de grãos e biodiesel (Araújo et al., 2012).

2.1.4. A cultura do girassol no mundo

A figura 5 mostra a evolução da produção mundial do girassol nos últimos 20 anos. Verifica-se que a produção do girassol tem aumentado de forma consistente. Nas duas últimas décadas a produção mundial do girassol passou de 20 milhões de toneladas para valores próximos dos 45 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo médio próximo de 1,25 milhões de toneladas por ano. No entanto, regista-se um decréscimo de aproximadamente 21 milhões de toneladas em 2001 e um incremento próximo de 45 milhões de toneladas em 2013.

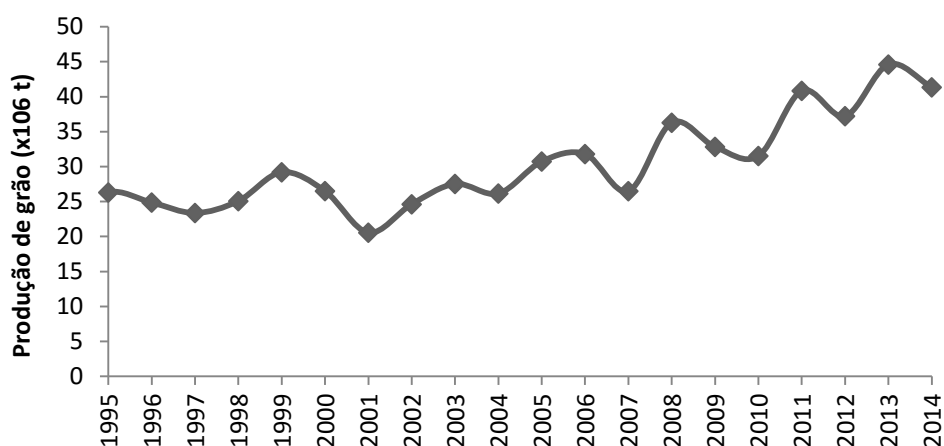


Figura 5. Evolução da produção mundial do girassol nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

A figura 6 mostra a evolução do rendimento mundial do girassol nos últimos 20 anos. Verifica-se que o rendimento do girassol tem aumentado gradualmente. Nas duas últimas décadas o rendimento mundial do girassol passou de 1100 kg ha⁻¹ para valores próximos dos 1800 kg ha⁻¹, o que representa um acréscimo médio próximo de, 35 kg ha⁻¹ por ano. No entanto, registou-se um maior decréscimo de 1147 kg ha⁻¹ em 2001 e um maior incremento de 1742 kg ha⁻¹ em 2013.

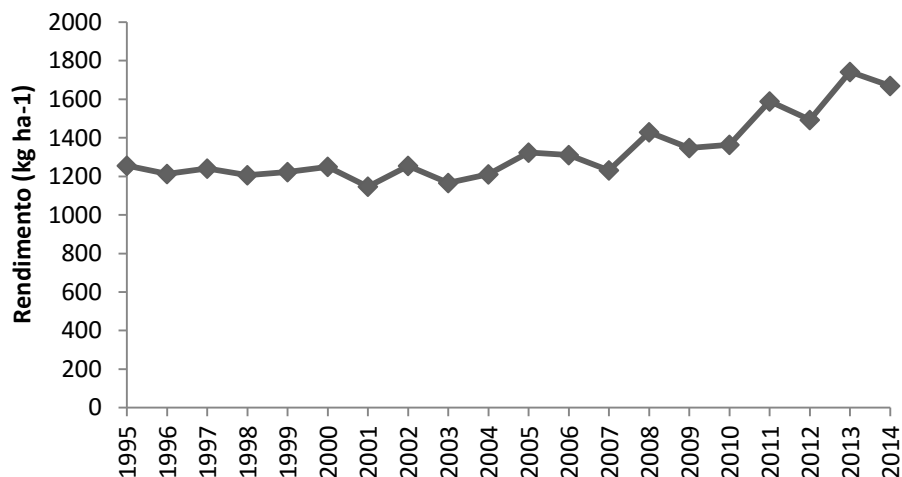


Figura 6. Evolução do rendimento mundial do girassol nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

A importância do girassol em diferentes regiões do globo é apresentada na Figura 7. A figura 7 destaca a importância do bloco Europeu, Americano, Ásia e com menor importância a Oceânia na produção atual do girassol.

Na figura 8 são apresentados os cinco países maiores produtores de girassol no mundo no ano de 2014. A Federação Russa lidera o ranking com uma produção próxima de 54 milhões de toneladas, seguida da Ucrânia representando esta parte a maior produção Europeia. A Argentina representa a maior fatia das Américas. A China Continental é destaque na Ásia e a França é também um produtor Europeu importante.

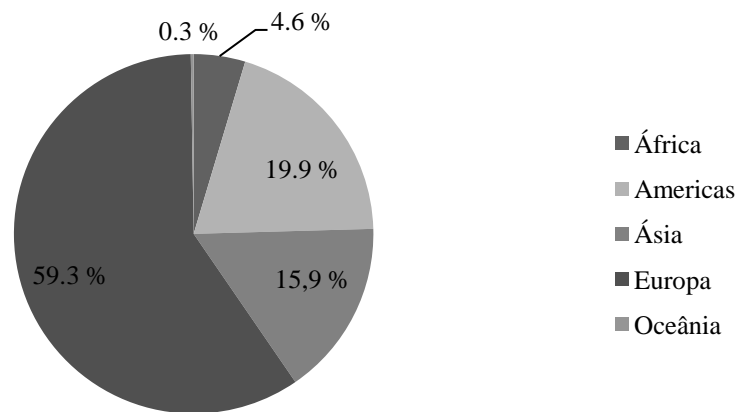


Figura 7. Importância relativa do girassol em várias regiões do globo no ano de 2014 (FAOSTAT, 2016).

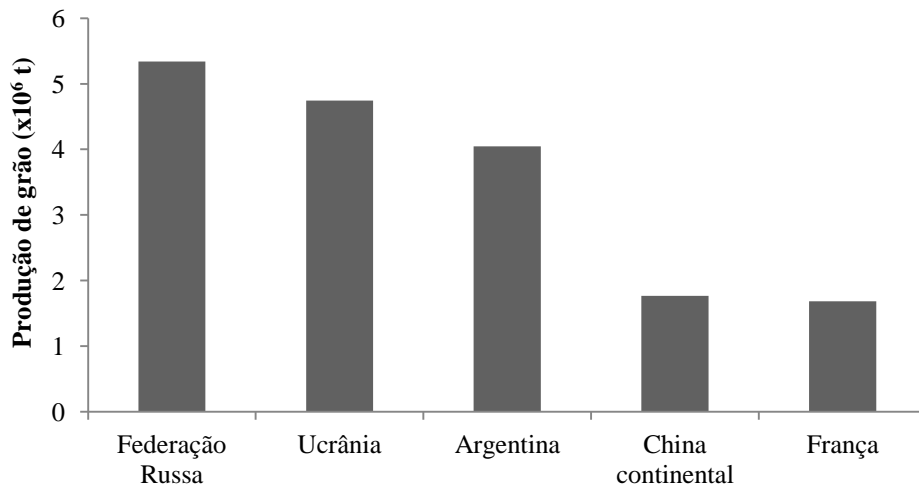


Figura 8. Produção total anual nos cinco maiores produtores mundiais do girassol até o ano de 2014 (FAOSTAT, 2016).

2.1.5. A cultura do girassol em Angola

A figura 9 mostra a evolução da produção do girassol em Angola nos últimos 20 anos. Verifica-se que a produção do girassol em Angola tem aumentado com algumas oscilações. Nas duas últimas décadas a produção do girassol em Angola passou de 9 mil toneladas para valores próximos das 14 mil toneladas, o que representa um acréscimo médio próximo de 0,25 toneladas por ano. Registrou-se, no entanto, um maior

decréscimo de 9731 toneladas em 2007 e um maior incremento de 13.775 toneladas em 2005.

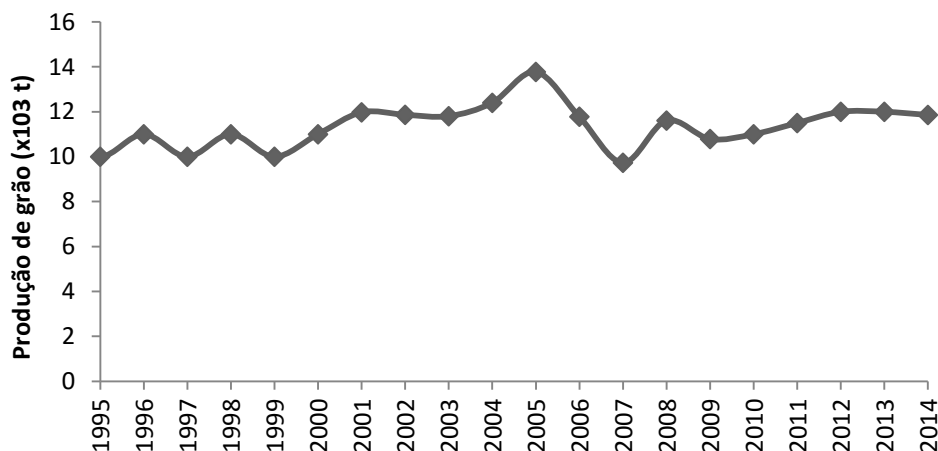


Figura 9. Evolução da produção do girassol em Angola nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

A figura 10 mostra a evolução do rendimento do girassol em Angola nos últimos 20 anos. Verifica-se que a produção do girassol tem aumentado com algumas oscilações. Nas duas últimas décadas o rendimento do girassol em Angola passou de 500 kg ha⁻¹ para valores próximos dos 900 kg ha⁻¹, o que representa um acréscimo médio próximo de 20 kg ha⁻¹ por ano. Registou-se, no entanto, um maior decréscimo de 565 kg ha⁻¹ em 1997 e um maior incremento de 820 kg ha⁻¹ em 2005.

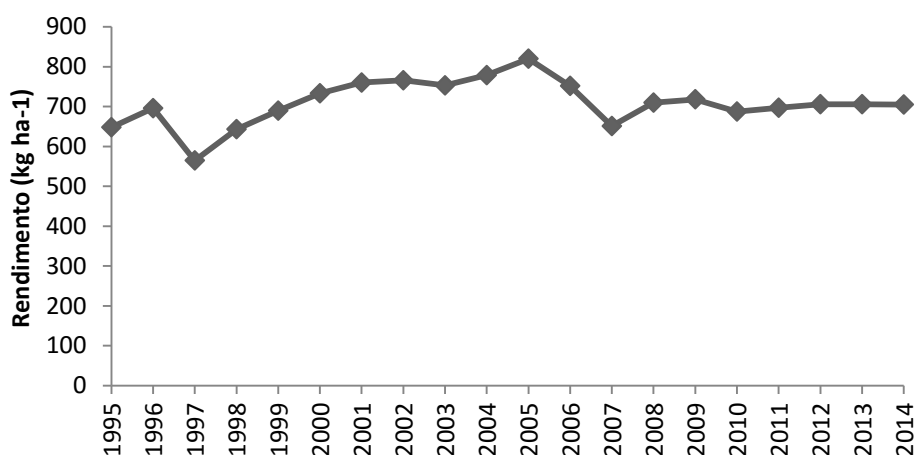


Figura 10. Evolução do rendimento do girassol em Angola nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

Segundo Del Re e Minichiello (s.d.), atualmente em Angola o girassol é pouco cultivado sobretudo devido as dificuldades de comercialização da produção. Contudo, esta oleaginosa poderia ser útil para reduzir a falta de oleaginosas do país, fornecendo matéria-prima às fábricas nacionais e ser uma alternativa ao milho em todas as áreas onde a estação das chuvas é reduzida ou irregular.

As variedades que se encontram em uso em Angola, além de possuírem um teor de óleo (25-30%), são muito altas e facilmente sujeitas a acamar. O objetivo do programa de melhoramento em curso é selecionar plantas produtivas de porte baixo, resistentes às doenças e à acama, com elevado teor em óleo. Após os ensaios preliminares, estão cada vez mais difundidas as variedades CCA 57, CCA 81 e Panadovic.

2.1.6. A cultura do girassol em Portugal

A figura 11 mostra a evolução da produção do girassol em Portugal nos últimos 20 anos. Verifica-se que a produção de girassol tem diminuído de forma progressiva. Nas duas últimas décadas a produção Portuguesa de girassol decresceu de valores próximas das 40 mil toneladas para valores abaixo das 5 mil toneladas, o que representa um decréscimo médio próximo de 1,75 mil toneladas por ano. Registou-se, no entanto, um valor máximo de 38 mil toneladas em 1996 e um valor mínimo de aproximadamente 2,4 toneladas em 2005.

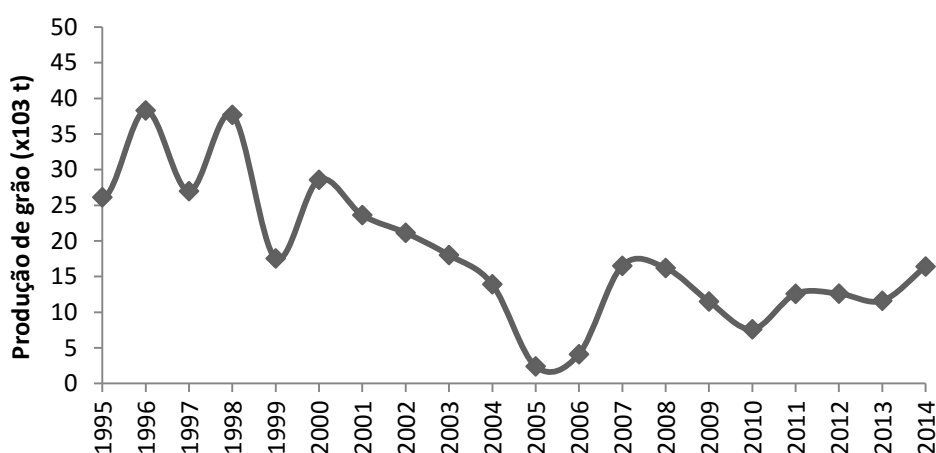


Figura 11. Evolução da produção do girassol em Portugal nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

A figura 12 mostra a evolução do rendimento do girassol em Portugal nos últimos 20 anos. Verifica-se que o rendimento do girassol tem aumentado gradualmente. Nas duas últimas décadas o rendimento do girassol em Portugal passou de 200 kg ha⁻¹ para valores próximos dos 1200 kg ha⁻¹, o que representa um acréscimo médio próximo de 50 kg ha⁻¹ por ano. Registou-se, no entanto, um maior decréscimo de 277 kg ha⁻¹ em 1995 e um maior incremento de 1051 kg ha⁻¹ em 2014.

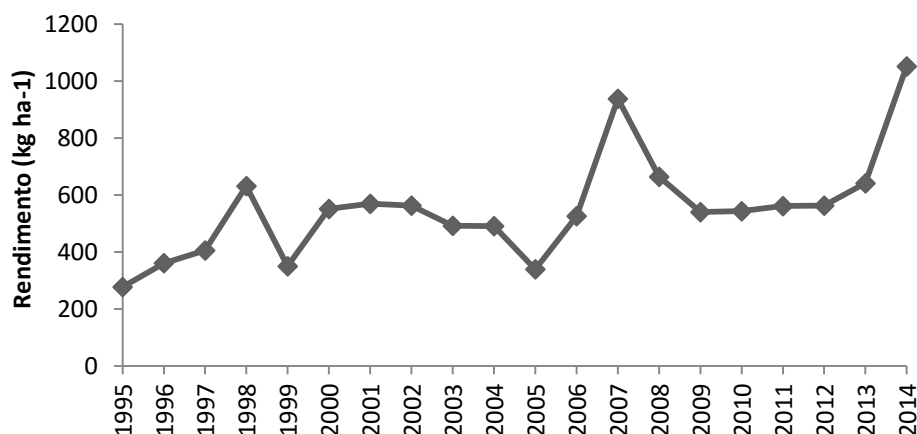


Figura 12. Evolução do rendimento do girassol em Portugal nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

Segundo Rodrigues (1992), a cultura do girassol teve em Portugal, o mais notável impulso ainda na década de 1960. Tradicionalmente, o girassol em sequeiro, é cultivado com sementeiras na primavera (Março-Abril) completando o ciclo no verão, com colheita em Agosto. Fica frequentemente, durante a maior parte do ciclo submetido a deficiência de água no solo e temperaturas do ar elevadas, o que reduz o rendimento.

O cultivo do girassol teve o seu ponto alto em 1990, em que a área semeada de girassol disparou de áreas médias de 50 000 ha para os 70 000 ha nesse ano. As principais dificuldades que o clima impõe a esta cultura em sequeiro, são a falta de água e temperatura elevada em fases cruciais para a cultura, como é a floração e as fases de formação da semente.

2.2. Aspectos relevantes da técnica cultural do girassol

2.2.1. Aspectos fenológicos

De acordo com Gazzola et al. (2012), a variabilidade genotípica do girassol quanto à duração total do seu ciclo é de 65 a 165 dias, dependendo da variedade, da data de sementeira e das condições ambientais de cada região. A importância de se adotar uma escala fenológica, identificando cada etapa do desenvolvimento da cultura do girassol, é que facilita e adequa melhor à época das práticas culturais.

Segundo Castro et al. (1996), o girassol possui maior resistência à seca, ao frio e ao calor do que muitas das espécies cultivadas, ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e o seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, pela altitude e pelo fotoperíodo. Graças a essas características, apresenta-se como uma opção nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos.

O girassol também apresenta características desejáveis do ponto de vista agronômico, como ciclo curto e alta qualidade e quantidade de óleo produzido. Apesar de girassol ser classificado como resistente à seca, o déficit hídrico tem afetado negativamente, durante o período de floração, o rendimento e o teor de óleo (Lauriane et al., 2015). É uma cultura tipicamente de ciclo primavera-verão (Rodrigues et al., 2013).

2.2.2. Fertilização

Segundo Lauriane et al. (2015), a nutrição mineral destaca-se, como uma das principais tecnologias utilizadas para incrementar a produtividade e a rentabilidade das culturas. O potássio é considerado de grande importância para a cultura do girassol por exercer um papel-chave na regulação osmótica e promover a manutenção do turgor nas células-guardas, por meio da elevação do seu potencial osmótico. Tal resulta em absorção de água por essas células e por células adjacentes e, em contrapartida, gera maior turgor e abertura dos estomas. Além disto, tal nutriente tem sido objeto de vários estudos nos quais se objetiva averiguar a importância da adubação potássica nas características morfológicas da cultura e seus eventuais reflexos na produtividade. Contudo, tal como em outras culturas, a fertilização anual deve ser à base de macronutrientes azoto e fósforo e eventualmente micronutrientes dependendo da fertilidade natural do solo.

2.2.3. Híbridos e variedades

O girassol é uma planta de polinização cruzada (alógama), sendo que esta é feita por insetos, particularmente por abelhas. Atualmente, algumas variedades cultivadas têm alto grau de auto compatibilidade, produzindo mesmo na ausência de insetos polinizadores (Castro et al., 1996). De acordo com Silva et al. (2009) a combinação ideal de híbridos de girassol com espaçamentos adequados pode permitir as plantas à exploração de maneira eficiente dos recursos ambientais (água, luz e nutrientes), proporcionando a obtenção de maiores rendimentos.

Segundo Ordoñez e Company (1990), as variedades do girassol cultivadas em todo mundo são resultado de um largo processo de adaptação a distintos meios ambientes (clima e solo) e de seleção direcionada para a obtenção de plantas mais produtoras de azeite. De acordo com Gazzola et al. (2012), as variedades cultivadas do girassol são selecionadas de forma a atender diversos objetivos, designadamente finalidade de consumo (produção de óleo, forrageira ou alimentação humana), alto rendimento, alto teor em óleo, ciclo precoce a médio, porte reduzido, uniformidade de altura e de floração, resistência a doenças, principalmente mancha de alternaria (*Alternaria* spp.) e podridão branca (*Sclerotinia sclerotium*), capítulos planos e pouco espessos, tolerância ao alumínio e à deficiência de boro.

2.2.4. Época de sementeira

A época de sementeira é de fundamental importância para o sucesso da cultura do girassol. É bastante variável e depende, principalmente, das características climáticas de cada região (Castro et al., 1996). Sendo assim, a época ideal de sementeira é aquela que permite satisfazer as exigências das plantas nas diferentes fases de desenvolvimento, reduzir os riscos do aparecimento de doenças, especialmente após a floração e assegurar uma boa colheita. Nesse sentido, informações obtidas a partir de estudos de zoneamento agroclimático para o girassol podem auxiliar na definição de locais e épocas onde variáveis de produção como radiação solar, disponibilidade hídrica e temperatura sejam compatíveis com as exigências bioclimáticas da cultura (Gazzola, et al., 2012).

2.2.5. Densidade de sementeira

A densidade de sementeira depende, de acordo com Ordoñez e Company (1990), sobretudo da quantidade de água disponível para a cultura. A disponibilidade de água para a cultura depende de diversos fatores, tal como:

Data de sementeira - Quando mais cedo for a sementeira, mais água estará disponível, e portanto, maior densidade de sementeira poderá ser usada;

Textura e profundidade do solo - A textura e a profundidade do solo definem a sua capacidade para armazenar água. Solos profundos e argilosos retêm mais água que solos superficiais e ligeiros (arenosos ou limosos). Por consequência, os primeiros suportam maiores densidades de sementeira que os segundos;

Pluviosidade - Em áreas ou anos chuvosos (mais de 500 mm) podem efetuar-se sementeiras de maior densidade do que em lugares ou anos secos (menos de 300 – 400 mm);

A densidade de sementeira dependerá ainda de:

Variedades – Cada genótipo responde de forma diferente a distintas densidades de sementeira. Deve saber-se previamente qual é a melhor densidade de sementeira para a variedade que se pretende cultivar;

Fertilidade do solo - Solos férteis respondem melhor à alta densidade de sementeira que solos pobres.

A densidade ótima para cada condição ambiental específica é dada pela conjugação adequada dos fatores anteriormente enumerados. Em qualquer caso, é necessário de ter sempre presente que o rendimento do girassol está determinado pelo produto de três componentes:

Número de capítulos por hectare; número médio de sementes por capítulo; e peso médio da semente (peso dos 1000 grãos).

O primeiro componente (número de capítulo por ha) é fixo para estabelecer a densidade de sementeira, os outros dois variam em função da primeira e dos cinco fatores enumerados anteriormente.

Segundo Silva e Nepomuceno (1991), para uma mesma variedade cultivada, o rendimento de grãos geralmente eleva-se com o aumento de densidade da planta até que um ou mais fatores (condições edafoclimáticas ou práticas culturais) se tornem limitantes. A resposta do girassol a diferentes densidades varia como já foi referido, com a cultivar utilizada e com as condições de humidade do solo, entre outros fatores. Além do rendimento em grão, a densidade de plantas afeta outras características agronómicas do girassol, tais como os componentes do rendimento e o teor de óleo. Tanto o número de grãos por capítulo como o peso de 1000 grãos diminuem à medida que é mais elevada a densidade de sementeira. Por outro lado, o teor de óleo nos grãos geralmente eleva-se com o aumento da densidade de plantas.

Segundo Castro et al. (1996), a densidade de sementeira é decisiva no rendimento da cultura, devendo variar, entre 40 000 a 45 000 plantas ha⁻¹. Na determinação da quantidade de sementes a ser utilizada, além do poder germinativo, devem-se considerar os possíveis danos causados pelos pássaros e outros animais silvestres, insetos, efeito depressivo de herbicidas e qualidade do preparo do solo. Para obter a densidade escolhida, em função da variedade cultivada e da época de sementeira, deve-se corrigir o poder germinativo para 100% e contar com uma reserva de 15% a 30%, dependendo das condições mencionadas.

Em cultivos comerciais, o espaçamento entrelinhas deve variar entre 70 e 90 cm, dependendo do conjunto de equipamentos disponíveis, tanto para a sementeira como para a colheita. Sugere-se o espaçamento de 80 a 90 cm quando forem empregues, na operação de colheita, plataformas de milho adaptadas para a colheita de girassol e 70 cm quando forem empregues plataformas de soja adaptadas.

De acordo com Silva et al. (2009), a adoção de espaçamentos reduzidos na cultura proporciona vários benefícios, destacando a melhor distribuição espacial das plantas, maior interceção de radiação solar, sombreamento mais rápido das entrelinhas, diminuindo a perda de água por evaporação, o impacto das gotas de chuva na superfície do solo e melhorando a performance na aplicação de produtos fitossanitários. Além disto, reduz mais rapidamente a luz disponível, proporcionando efeito supressor no desenvolvimento das ervas daninhas.

3. A CULTURA DA SOJA

3.1. Generalidades e estatísticas

3.1.1. Origem e história

Segundo Venturi e Amaducci (1988), considera-se que a soja é originária das províncias do nordeste da China e da Manchúria. A forma cultivada (*Glycine max* L.) deriva do progenitor *Glycine ussuriensis* (espécie cultivada que cresce espontaneamente) em Coreia, Japão, Taiwan, Norte da China e nas zonas ocidentais de URSS. O género *Glycine* tem muitos subgéneros, constituído de plantas perenes encontradas na Austrália, África e na Ásia sul-ocidental. De acordo com Carvalho et al. (2012), tem-se como centro de origem da soja, o continente asiático, mais precisamente, a região correspondente à China Antiga. Há referências bibliográficas, segundo as quais, essa leguminosa fazia parte da base alimentar do povo chinês há mais de 5.000 anos.

Segundo Siqueira (2004), a cultura da soja só passou a ser conhecida do ocidente quando os Estados Unidos começaram a sua exploração comercial forrageira no início do século XX. A área plantada para grão só ganhou importância a partir da década de 1940. Nessa fase a área cultivada para forragem passou a declinar até acabar na metade da década de 1960, período em que a área destinada à produção de grãos crescia nos Estados Unidos e no resto do mundo.

3.1.2. Aspectos botânicos

A soja pertence à classe das dicotiledóneas, família Fabaceae e subfamília Faboideae. A espécie cultivada é *Glycine Max* Merrill. O sistema radicular é pivotante, com a raiz principal bem desenvolvida e raízes secundárias em grande número, ricas em nódulo de bactérias *Rhizobium japonicum* fixadoras de azoto atmosférico (Missão, 2006). As folhas são compostas, excepto as primeiras que se formam, que são simples. As flores são amariposadas e o fruto é um legume que contém de uma a quatro sementes. A semente é geralmente esférica, de tamanho de uma ervilha e de cor amarela. As folhas, os caules e as bainhas são pubescentes (Garcia, 1999).

3.1.3. Importância da Cultura

O óleo de soja é rico em ácidos gordos polinsaturados. Pode ser usado como óleo de salada e de fritura. Algumas aplicações são para a produção de maionese. O óleo também apresenta aplicações industriais como tinta de caneta, biodiesel, tintas de pintura em geral, champôs, sabões e detergentes (Missão, 2006). Segundo Garcia (1999), os proveitos mais importantes desta planta são a extração de óleo, alimentos proteicos, lecitina (fosfatidilcolina pura) contêm 44-50% de proteína digestível. Como forragem verde produz à volta de 5 toneladas/ha de fitomassa rica em proteínas. O aproveitamento da moenda de soja resulta na obtenção de lecitina, que se emprega no fabrico de margarinas, chocolates, confeitaria, etc. Como a soja é uma leguminosa, tem capacidade para fixar azoto, sendo por isso uma planta melhoradora da fertilidade do solo.

A maioria das variedades cultivadas de soja apresenta 30 a 45% de proteínas, 15 a 25% de lipídeos, 20 a 35% de carboidratos e cerca de 5% de cinzas nas suas sementes. Quando processados, 100 kg de soja produzem, em média, 79 kg de farelo (que possui cerca de 50% de proteína) e 18,4 kg de óleo. O óleo de soja representa 20 a 24% de todas as gorduras e óleos consumidos no mundo (Alves et al., 2009). Nas últimas décadas, houve um expressivo aumento da oferta de tecnologias de produção, que permitiram ampliar significativamente a área e a produtividade desta oleaginosa (Hirakuri e Lazzarotto 2011).

3.1.4. A cultura da soja no mundo

A figura 13 mostra a evolução da produção mundial da soja nos últimos 20 anos. Verifica-se que a produção da soja tem aumentado de forma consistente. Nas duas últimas décadas a produção mundial da soja passou de 100 milhões de toneladas para valores próximos dos 310 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo médio próximo de 10,5 milhões de toneladas por ano na produção mundial da soja.

A figura 14 mostra a evolução do rendimento mundial da soja nos últimos 20 anos. Verifica-se que o rendimento mundial da soja tem aumentado de forma gradual. Nas duas últimas décadas o rendimento mundial da soja passou de 2000 kg ha⁻¹ para valores próximos dos 2700 kg ha⁻¹, o que representa um acréscimo médio próximo de 35 kg ha⁻¹ por ano no rendimento mundial da soja.

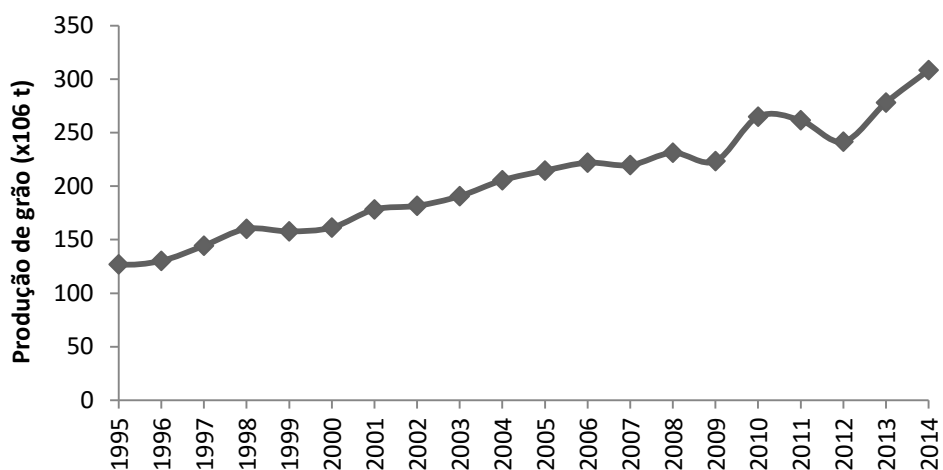


Figura 13. Evolução da produção mundial da soja nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

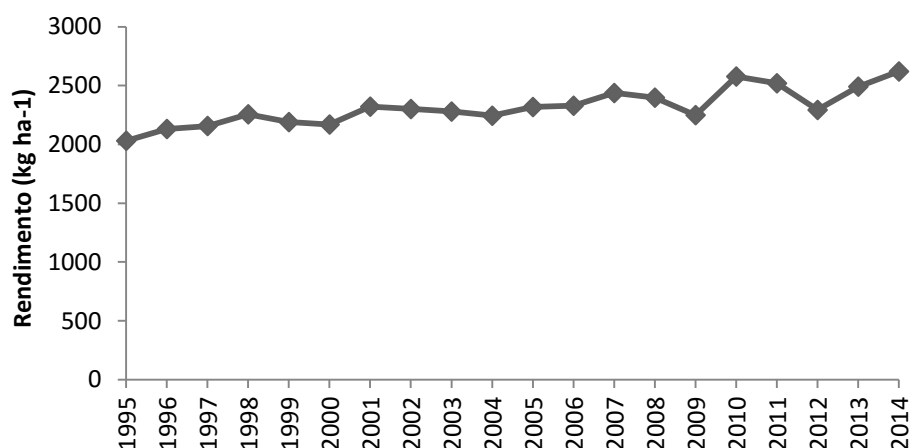


Figura 14. Evolução do rendimento mundial da soja nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

A soja é a principal planta oleaginosa cultivada em todo o mundo. A figura 15 destaca a importância do bloco das Américas com a maior fatia, seguida da Ásia e da Europa.

Na figura 16 são apresentados os cinco países maiores produtores da soja no ano de 2014. Os Estados Unidos da América lideram o ranking com uma produção próxima de 800 milhões de toneladas, seguidas do Brasil representando este a maior produção da

América do Sul, a que se segue a Argentina. A China continental representa a maior fatia da Ásia, sendo a Índia também um produtor importante neste continente.

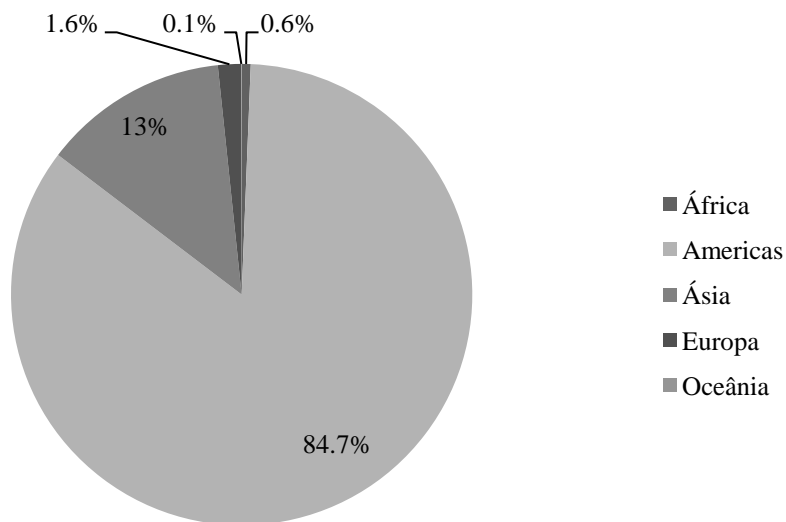


Figura 15. Importância relativa da soja em várias regiões do globo no ano de 2014 (FAOSTAT, 2016).

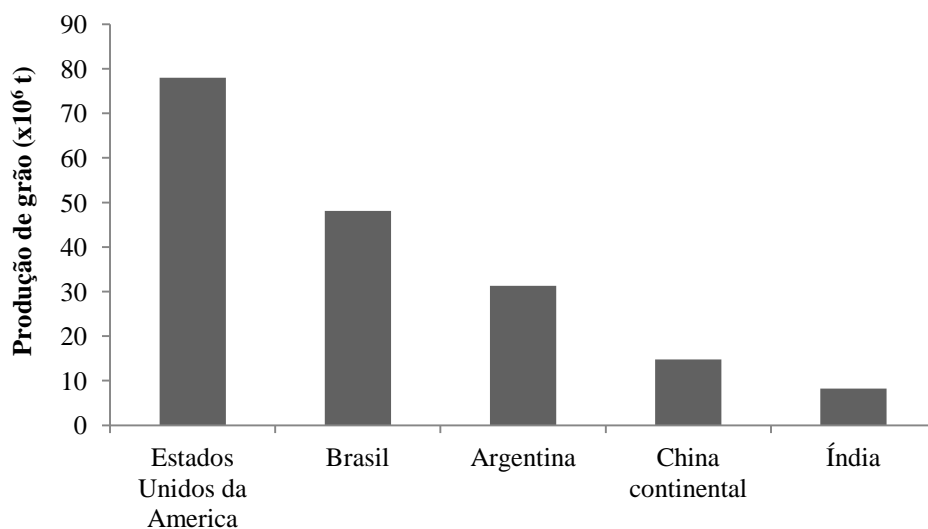


Figura 16. Produção total anual nos cinco maiores produtores mundiais da soja até o ano de 2014 (FAOSTAT, 2016).

3.1.5. A cultura da soja em Angola

A figura 17 mostra a evolução da produção da soja em Angola nos últimos 20 anos. Verifica-se que a produção da soja em Angola começou a ser destacada no ano de 2000 com um aumento consistente. Assim sendo, em uma década e meia a produção da soja em Angola registou um aumento desde 700 toneladas para valores próximos das 15.000 toneladas, o que representa um acréscimo médio próximo de 715 toneladas por ano.

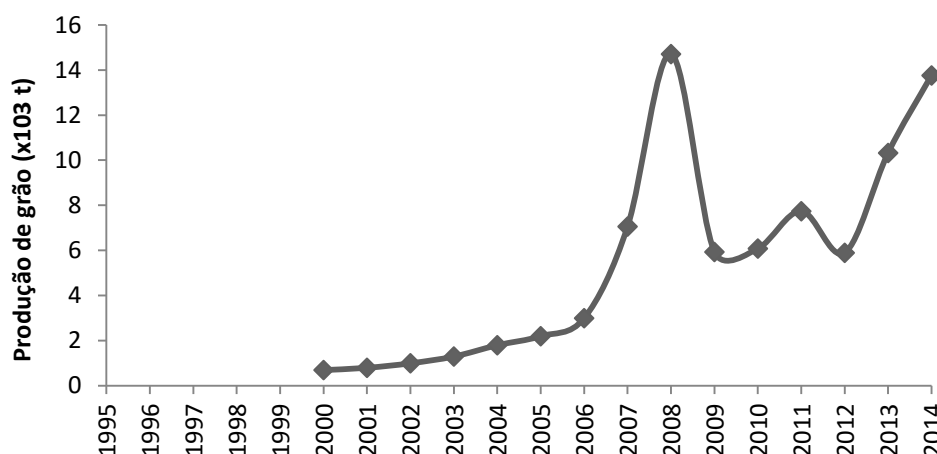


Figura 17. Evolução da produção da soja em Angola nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

A figura 18 mostra a evolução do rendimento da soja em Angola nos últimos 20 anos. Verifica-se que o rendimento da soja em Angola teve um pico no ano de 2000 mas que não foi consistente nos anos seguintes. Ainda assim, registou-se em uma década e meia um aumento de 150 kg ha^{-1} para valores próximos de 900 kg ha^{-1} , o que representa um acréscimo médio próximo de $37,5 \text{ kg ha}^{-1}$ por ano⁻¹. Notabiliza-se um maior incremento de 858 kg ha^{-1} em 2008 e um maior decréscimo de 164 kg ha^{-1} em 2012 na produção angolana de grão da soja.

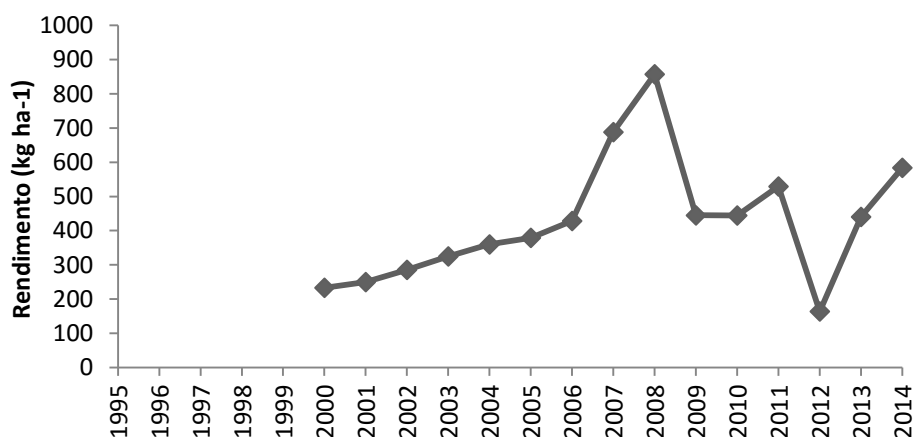


Figura 18. Evolução do rendimento da soja em Angola nos últimos 20 anos (FAOSTAT, 2016).

De acordo com Del Re e Minichiello (s.d.), em Angola a produção é praticamente desconhecida aos agricultores, embora potencialmente de grande interesse, podendo ser cultivada nas mesmas áreas onde se cultiva o milho. A escolha varietal é condicionada sobretudo pelo fotoperiodismo sendo, normalmente, as variedades tardias de dias curtos as únicas que podem ser utilizadas em ambiente tropical. Atualmente em Angola utilizam-se principalmente as variedades Davis, Improved Pelican, IAC 70-25 e 888-49c.

Segundo CNFA et al., (s.d.), Angola possui um bom potencial para a produção agrícola, dada a quantidade de terra disponível (58 milhões de hectares). Destes mais de 90% do país é apropriado para a produção de soja. Em algumas regiões de solos mas férteis podem fazer-se duas culturas de soja por ano sem irrigação. Recentemente, a procura pela produção de soja tem aumentado. Paradoxalmente, a produção anual de soja em Angola é baixa, ainda com uma alta procura do sector de alimentos processados e alimentação animal. Dados de pesquisa no campo garantem que se podem obter produtividades de 1,2 a 2,5 t ha⁻¹ utilizando germoplasma melhorado.

3.1.6. A cultura da soja em Portugal

A FAO não reconhece a existência de produção de soja em Portugal. Contudo, tem sido feita alguma investigação nesta cultura. Em regadio podem atingir-se 2 a 3 t ha⁻¹ de grãos. Nos últimos anos alguns produtores começaram já a cultivar soja para fins comerciais.

3.2. Aspectos relevantes da técnica cultural da soja

De acordo com Venturi e Amaducci (1988) a soja é uma planta anual de primavera-verão. A maior parte das suas características morfológicas são fortemente influenciadas por fatores edafoclimáticos e de cultivo. Segundo Alves et al. (2009), o desenvolvimento da soja é influenciado por inúmeros fatores ambientais, como temperatura, precipitação, humidade relativa do ar, humidade do solo e, principalmente, o fotoperíodo.

A temperatura média do solo, adequada para a sementeira da soja, varia de 20 °C a 30 °C, sendo 25 °C a temperatura ideal para uma emergência rápida e uniforme. Sementeira em solo com temperatura média inferior a 20 °C pode resultar em redução da taxa de germinação, além de tornar mais lento esse processo. Isso pode ocorrer em sementeiras efetuadas mais cedo que a época indicada em cada região, especialmente nas regiões de clima temperado (Garcia et al., 2007)

A sensibilidade ao fotoperíodo é variável entre as variedades cultivadas. Assim a adaptabilidade de cada uma delas varia em função da latitude, influenciando esta a data de sementeira. Em latitudes mais elevadas, os fatores temperatura, fotoperíodo e humidade são mais determinantes do que a época de sementeira. A soja é uma planta sensível à duração do dia, apresentando respostas fotoperiódicas de dias curtos. (Garcia, 1999).

3.2.1. Combate a infestantes

Segundo Durigan et al. (1983), entre os fatores que interferem na produção da cultura da soja estão as infestantes que competem por água, luz e nutrientes, reduzindo a produtividade e aumentando o custo de produção. Prejudicam ainda nas operações de colheita, causando perdas e contaminações, reduzindo a qualidade e depreciando o produto. Vários parâmetros de produção da cultura são diretamente afetados pela competição imposta pelas plantas daninhas, tais como, o número de vagens por planta, o peso de 1000 ° grãos e número de grãos por vagem, além da produção final. Por isso, o controlo das plantas daninhas é essencial para o desenvolvimento da soja e pode ser feito através de diversos métodos. É de fundamental importância o conhecimento do período apropriado para a realização desse controlo, ou seja, o período no qual a presença de infestantes acarretará, fatalmente, prejuízos posteriores.

3.2.2. Exigências hídricas

De acordo com CNFA et al. (s.d.), a água representa 90% do peso da planta, estando esta relacionada praticamente em todos os processos fisiológicos e bioquímicos. A disponibilidade de água é importante para a germinação, emergência e floração. As sementes de soja necessitam de absorver pelo menos 50% do seu peso em água para assegurar boa germinação. Conseqüentemente, falta de água pode prejudicar gravemente a uniformidade da emergência. A fim de maximizar a produção de soja são necessários entre 450 e 800 mm de precipitação por ciclo. Em áreas de seca frequentes, é recomendado o uso de variedades adaptadas à região e à condição de solo, semear na época de menor risco climático, semear com humidade adequada no perfil do solo e adotar práticas que promovam o armazenamento de água no solo.

3.2.3. Fixação biológica do azoto na cultura da soja

A soja como todas as demais leguminosas, também absorve azoto mineral presente no solo. Contudo pode obter êxito por via biológica diretamente do ar, através dos nódulos das suas raízes. Esses nódulos formam-se depois da penetração no interior da raiz de bactérias da espécie *Rhizobium japonicum* que estabelece uma relação de simbiose com a planta hospedeira (Venturi e Amaducci, 1988).

Segundo Hungria et al. (2001), a formação de um simples nódulo é resultante de um processo complexo, envolvendo diversos estádios. Inicialmente, as sementes em germinação e as raízes exsudam moléculas que atraem quimicamente os rizóbios; outras estimulam o crescimento das bactérias na rizosfera da planta hospedeira e outras desencadeiam a expressão de diversos genes, tanto da bactéria como da planta hospedeira. A seguir, as bactérias penetram na raiz da soja e provocam o crescimento de células, onde ficarão alojadas. Quando os nódulos estão em plena atividade apresentam, na sua parte interna, coloração rósea intensa, devido à presença de leghemoglobina, cuja função é a mesma da hemoglobina do sangue humano, ou seja, é responsável pelo transporte do oxigênio, essencial às funções vitais desses microrganismos aeróbios.

É importante salientar que o azoto do fertilizante é mais facilmente absorvido pela soja porque já está numa forma prontamente disponível, ao passo que, no caso do processo biológico, a planta precisa de investir energia na formação dos nódulos e na

manutenção da atividade das bactérias. Esse gasto inicial, porém, é recuperado logo no início do ciclo vegetativo, trazendo grande retorno à nutrição das plantas.

A soja em condições de campo entre cinco e oito dias após a emergência já apresenta a formação dos primeiros nódulos. Estes são em número de quatro e oito, à volta de 10 a 12 dias após a emergência. Nessa etapa, muitas vezes observa-se que as plantas noduladas estão um pouco amareladas, em relação àquelas que receberam uma dose inicial de fertilizantes azotados. Isso ocorre porque, conforme já mencionado, o fertilizante azotado está pronto para ser utilizado, enquanto na máquina biológica de azoto, a planta necessita de disponibilizar energia na formação dos nódulos e na alimentação de colônia de bactérias. Esses sintomas desaparecem dois ou três dias depois.

De acordo com CNFA et al. (s.d.), do ponto de vista agrícola, as sementes de soja têm a capacidade de fixar o azoto atmosférico, para utilização pela planta em crescimento e para as culturas a serem cultivadas depois da soja em rotação. Além do mais, a soja é relativamente fácil de cultivar e tem uma baixa incidência de pragas e doenças.

3.2.4. Híbridos e variedades

De acordo com Garcia (1999), as variedades de soja são numerosas. Existem cerca de três mil variedades, com ciclos vegetativos que flutuam desde 90 a 200 dias e que têm diferentes exigências na duração do dia. É claro que a seleção de uma variedade para uma determinada zona, além das condições de temperatura do solo e de fertilidade do terreno, será determinada pela duração do dia, ou seja, pela latitude geográfica. A soja é uma planta de dias curtos e que a sua floração não se proceda sem que um determinado fotoperíodo seja atingido. Por consequência, além das condições de temperatura do solo e do ambiente, há que ter em conta a seleção da época de sementeira de cada variedade que a duração do dia em cada situação geográfica determina.

As variedades de soja são, de acordo com Venturi e Amaducci (1988), classificadas em 13 grupos de maturação (000, 00, 0, I, II, ..., IX, X), dentro dos quais as diferenças na maturação das variedades mais precoces e das mais tardias podem oscilar entre os 100 e 115 dias. Originalmente foram constituídos só 10 grupos de

maturação (00 a VIII), mas os estudos posteriores e os novos materiais mais precoces e tardios, aconselharam a acrescentar os outros três grupos. As variedades dos grupos 000 e 00 são de maturação mais precoce, adaptadas a condições de noites muito curtas. As classificadas com números romanos mais altos têm o ciclo mais longo e estão mais adaptadas a condições de noites longas, próprias das áreas meridionais.

Segundo CNFA et al. (s.d.), a duração do ciclo deve ser a primeira consideração ao escolher uma variedade para uma dada zona geográfica. Devem considerar-se variedades que amadurecem cedo ao invés daquelas que amadurecem tarde em áreas com baixa pluviosidade. Embora a maturidade tardia aumente o potencial de rendimento, é arriscado semear variedades de maturação tardia em ambientes mais secos por causa da temporada seca. Variedades de curta duração podem prosperar na savana quando semeadas mais cedo e com uma distribuição uniforme de chuvas durante todo o período de crescimento. A data para a plantação da soja depende da temperatura e da duração do dia. A soja é uma planta de dias curtos que floresce em resposta ao encurtamento dos dias.

Para elevada produtividade e rendimento operacional da máquina de colheita, preconiza-se que as variedades cultivadas de soja apresentem altura entre 60 e 120 cm. Plantas com altura superior a 120 cm podem ter tendência natural à acama. Em solos relativamente planos e bem preparados pode-se efetuar uma boa colheita mecanizada de plantas com 50 a 60 cm de altura. No entanto, na maioria das condições, a planta de soja com pelo menos 70 a 80 cm de altura permite uma eficiente operação da máquina automotriz (Alves et al., 2009). A altura da planta, o fechamento das entrelinhas e o acamamento das plantas, são influenciados pelos fatores que condicionam o crescimento das plantas, ou seja, local (clima), ano, época de sementeira, variedades cultivadas e fertilidade do solo. Portanto, são estes os fatores que definem a resposta da soja à variação na população de plantas (Silva, 2012).

3.2.5. Época de sementeira

Segundo Garcia et al. (2007), de um modo geral, sementeiras em épocas anteriores ou posteriores ao período mais indicado para uma dada região podem afetar o porte, o ciclo e o rendimento das plantas e aumentar as perdas na colheita. Isto porque a época de sementeira determina a exposição das plantas às variações na distribuição dos fatores climáticos limitantes ao crescimento e ao rendimento de grãos, contribuindo

fortemente para a definição do resultado em termos de altura da planta e de produção. Ou seja, a melhor época de sementeira para soja é a que permite, na maioria dos anos, que a implantação da lavoura, o crescimento e a reprodução das plantas ocorram sob as condições favoráveis de humidade e temperatura. Nesse sentido, na maioria das regiões produtoras, o melhor período de sementeira da soja é aquele que se inicia assim que as chuvas da primavera repuserem a humidade do solo e a temperatura permitir germinação e emergência das plântulas entre 5 e 7 dias e que haja, humidade para as plantas crescerem e produzirem em níveis que tornem a atividade economicamente viável.

De acordo com Alves et al. (2009), a melhor época de sementeira varia em função das variedades cultivadas, da região de cultivo e das condições ambientais do ano agrícola, afetando de modo acentuado, a arquitetura, o comportamento da planta e a reação aos patogénicos, podendo causar variação drástica no rendimento, bem como no porte das plantas. A época de sementeira exerce influência decisiva sobre a quantidade e a qualidade da produção.

3.2.6. Densidade de sementeira

Segundo Garcia (1999), a sementeira de soja faz-se em linhas. Para se obter bons rendimentos deve procurar obter-se 45-50 plantas ha. Dentro das linhas as plantas competem entre si, pelo que para obter uma boa densidade é preferível que as linhas não estejam muito distanciadas. Recomenda-se uma largura de 60 cm, e quando é usada a rega por aspersão podem aproximar-se a 50 cm. Pode semear-se a 30 cm regando por aspersão. Ensaio revelaram que se a mesma quantidade de semente for usada em entrelinhas de 30 e de 20 cm, a produção é maior na primeira situação. Porém, a adoção desta prática deve ser sujeita à irrigação por aspersão e ao controlo eficiente das infestantes. Pode também semear-se em linhas pareadas de 10-20 cm entre as duas linhas juntas e 60 cm entre os separados. Deve-se notar que uma excessiva densidade reduz a grossura do caule e aumenta o risco de acamamento, mas por outro lado as vagens inferiores ficam muito mais altas, sendo a colheita mais eficiente. Na sementeira usa-se uma quantidade de sementes, da ordem de 140-160 kg ha⁻¹.

De acordo com Garcia et al. (2007), a soja é uma espécie que apresenta uma grande plasticidade quanto à resposta à variação no arranjo espacial de plantas, variando o número de ramificações e de vagens por planta e o diâmetro do caule, de forma

inversamente proporcional à variação na população de plantas. Não apresenta, por isso, na maioria das situações, diferença significativa em rendimento numa considerável faixa de população de plantas e de espaçamento entrelinhas. Nos casos em que o aumento da população causa efeito acentuado no acamamento das plantas, populações mais altas podem levar à redução no rendimento em grão. Variações entre 200 e 600 mil plantas por ha normalmente não influenciam o rendimento em grão ou ocorre em fraca extensão, podendo aumentar ou diminuir.

Com a redução no espaçamento entre linhas podem ser acarretadas modificações na quantidade de matéria seca acumulada pelas plantas, fechamento da área da entrelinha, área foliar e índice de área foliar, que podem resultar no aumento do rendimento em grão. Com a alteração da área foliar, devido à densidade de população e tipo de planta, aumentam a percentagem de intercetação da radiação solar e a acumulação de matéria seca a valores máximos, à medida que a área foliar é incrementada (Heiffig et al., 2006). A variação do espaçamento e da densidade na linha são responsáveis pela distribuição das plantas no campo. Vários estudos têm mostrado que a melhor população de plantas é de aproximadamente 400 000 plantas por ha, havendo tolerância da cultura para variações da ordem de 20% a 25% desse número. Entretanto, a melhor população depende da região, época de sementeira e variedade cultivada (Alves et al., 2009).

De acordo com Tourino et al. (2002), a tendência atual na cultura da soja e para adotar densidades menores, em torno de 10 a 15 plantas m^{-2} , vêm sendo utilizadas com sucesso, pois além de não reduzirem significativamente a produtividade, proporcionam redução nos custos de produção pela redução nos gastos com sementes. Segundo o autor, as plantas de soja compensam a redução da densidade, aumentando a produção individual de vagens.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Ensaio de campo

4.1.1. Localização

As experiências de campo decorreram em Bragança (41° 48' N; 6° 44' W), na Quinta de St^a Apolónia, entre setembro de 2015 e outubro de 2016. O ensaio de colza foi semeado a partir de setembro de 2015 e colhido em julho de 2016. Os ensaios de girassol e soja foram semeados na Primavera de 2016 (abril e maio respetivamente) e colhidos no Verão (agosto) e Outono (outubro) de 2016, respetivamente.

4.1.2. Clima

O clima da região é do tipo mediterrânico com alguma influência do regime atlântico (Agroconsultores e Coba, 1991). A estação quente é curta, estendendo-se o período frio ao Inverno e grande parte do Outono e Primavera. Os valores da temperatura média do ar e da precipitação acumulada da normal climatológica 1971-2000 são, respetivamente, 12,3°C e 758,3 mm (figura 19).

De acordo com a figura 19, os meses de menor disponibilidade de água no solo serão os meses de julho e agosto, altura em que as temperaturas são mais elevadas e a precipitação mais reduzida, o que pode ser um problema para o desenvolvimento das culturas, caso não haja a possibilidade de rega.

Os registos de temperatura e precipitação efetuados na estação meteorológica da Qt^a de Santa Apolónia no período em que decorreram os ensaios são apresentados na figura 20. A precipitação concentra-se no Outono e Inverno, período em que as temperaturas médias mensais são bastante baixas. No Verão, regista-se aumento significativo de temperatura mas reduz-se drasticamente a precipitação.

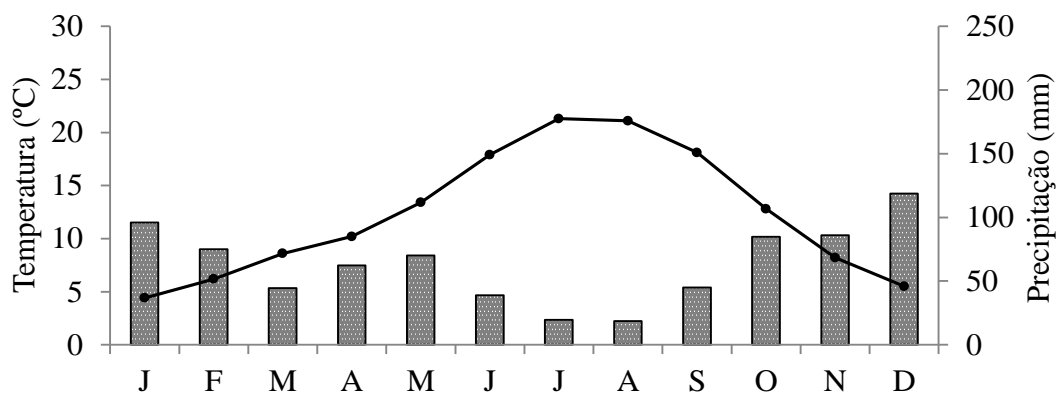


Figura 19. Valores da temperatura média do ar (linha) e precipitação mensal acumulada (barras) da normal climatológica 1971-2000 da estação meteorológica de Bragança.

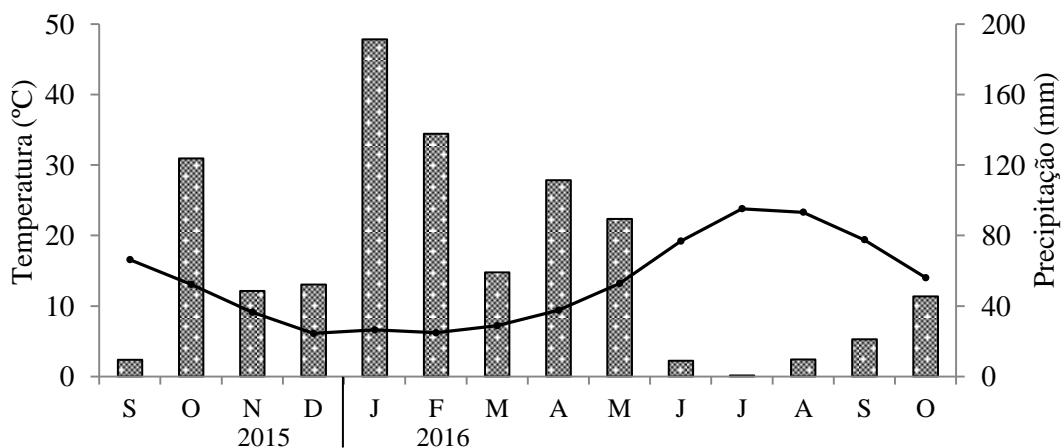


Figura 20. Valores da temperatura média do ar (linha) e precipitação mensal acumulada (barras) de setembro de 2015 a outubro de 2016.

4.1.3. Solo

Os solos da parcela onde decorreram os ensaios de campo e de onde se retiraram amostras para análises químicas laboratoriais classificam-se como Cambissolos êutricos (WRB, 2014). Algumas das suas características físicas e químicas apresentam-se no quadro 6.1. Destacam-se os valores elevados do cálcio e magnésio de troca deste solo, resultante do material originário de natureza ultrabásica.

Quadro 1. Algumas características do solo na data da instalação do ensaio.

Características físicas		Características químicas	
Textura (USDA)	Franca	pH (H ₂ O)	6.20
Areia (%)	54	Matéria orgânica WB (%)	5.03
Limo (%)	25	Fósforo extraível (P ₂ O ₅) (mg kg ⁻¹)	189.32
Argila (%)	21	Potássio extraível (K ₂ O) (mg kg ⁻¹)	330
		Cálcio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	11.82
		Magnésio de troca (cmol _c kg ⁻¹)	6.40
		Boro (mg kg ⁻¹)	0.58

4.1.4. Delineamento experimental

A experiência da colza consistiu num fatorial completo com dois fatores, designadamente datas de sementeira e fertilização azotada. Foram incluídas três datas de sementeira e quatro modalidades de fertilização azotada. As datas de sementeira foram 25 de setembro (D1), 16 de outubro (D2) e 14 de novembro (D3). As modalidades de fertilização azotada foram 150 (25 + 125) kg N ha⁻¹, aplicados em fundo (25 kg N ha⁻¹) e em cobertura (125 kg N ha⁻¹), 100 (25 + 75) kg N ha⁻¹, 50 (25 + 25) kg N ha⁻¹ e testemunha, sem aplicação de azoto. Foram ainda incluídas na experiência três repetições de cada combinação de data de sementeira e fertilização azotada. Cada unidade experimental foi composta de 6 linhas (espaço entrelinhas de 50 cm) com 4.5 m de comprimento.

A experiência do girassol consistiu num fatorial completo com dois fatores, designadamente variedades e densidades de sementeira. Foram incluídas seis variedades comerciais, cinco em circulação no mercado Nacional Português [Kiara (Syngenta), P63HH79 (Pioneer), Oleko, Fortini, Mooelli (Agrovete)] e uma em circulação no mercado Nacional de Angola (Chitra). As densidades de sementeira utilizadas foram de 40 000 (D4) e 60 000 (D6) sementes por hectare. Foram ainda incluídas na experiência três repetições de cada combinação de variedades e densidades de sementeira. Cada unidade experimental foi composta de 7 linhas (espaço entrelinhas de 50 cm) com 3 m de comprimento.

O ensaio da soja foi organizado de forma completamente casualizado com três repetições. Ensaíram-se quatro densidades de sementeira, designadamente 133333 (D13), 200000 (D20), 250000 (D25) e 333333 (D33) plantas por hectare. Cada unidade experimental foi composta de 9 linhas (entrelinha de 50 cm) de 4 m lineares. Nesta experiência foi usada a variedade Tabarana em circulação no mercado nacional angolano.

4.1.5. Técnica cultural

4.1.5.1. Colza

A preparação do solo iniciou-se no mês de setembro com uma escarificação, efetuada sobre a vegetação espontânea e o restolho da cultura anterior. Seguiu-se uma mobilização com charrua de aivecas. A preparação da cama para a semente foi feita pouco tempo antes da instalação de cada um dos ensaios e consistiu numa escarificação. A delimitação dos talhões experimentais da colza foi feita após a preparação do solo. Foram aplicados fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) à razão de 100 kg ha^{-1} , de acordo com a recomendação de fertilização. No ensaio da colza foram ainda aplicados 25 kg N ha^{-1} na forma de nitrato de amónio, com exceção da modalidade testemunha. Os adubos foram distribuídos de forma manual a lanço nos talhões correspondentes e incorporados com uma escarificação. A fertilização de cobertura prevista no delineamento experimental foi aplicada nos talhões correspondentes, de forma manual em 21 de março de 2016.

A sementeira foi feita manualmente nas três datas referidas no delineamento experimental. A escarificação que permitiu a incorporação dos fertilizantes de fundo deixou pequenos sulcos abertos que foram usados para colocar a semente. A semente foi colocada nos talhões respetivos de forma manual, simulando uma sementeira em linhas. Foi utilizada uma densidade de sementeira de 10 kg ha^{-1} de semente. Após a distribuição das sementes fez-se a incorporação por processo manual utilizando uma enxada. Antes da sementeira fez-se o controlo de infestantes com Devrinol (herbicida de pré emergência) tendo como substância ativa napropamida (450 g l^{-1}).

4.1.5.2. Girassol

A delimitação dos talhões experimentais de girassol foi feita após uma segunda passagem do escarificador para a preparação da cama para a semente, no dia 04 de Maio de 2016. Tal como no ensaio da colza, foram aplicados fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O)

à razão de 100 kg ha⁻¹ No caso da adubação azotada foram aplicados 30 kg N ha⁻¹ em cobertura (na forma de nitromagnésio 27%). Os fertilizantes aplicados em fundo foram incorporados com uma escarificação. A fertilização de cobertura prevista foi aplicada de forma manual a 14 de junho de 2016.

A sementeira do girassol foi feita manualmente no dia 04 de maio de 2016 e no dia 23 de Maio de 2016 fez-se a sementeira de falhas. A escarificação que permitiu a incorporação dos fertilizantes de fundo deixou pequenos sulcos abertos que foram usados para colocar a semente. A semente foi colocada nos talhões respetivos de forma manual, simulando uma sementeira em linhas. Foi utilizada uma densidade de sementeira de 4 (D4) e 6 (D6) plantas m⁻², tal como referido no delineamento experimental. Após a distribuição de sementes fez-se a incorporação por processo manual utilizando uma enxada.

Na data de 13 de junho de 2016 fez-se o controlo de infestantes com sacha.

4.1.5.3. Soja

A delimitação dos talhões experimentais da soja foi feita após uma segunda passagem do escarificador para a preparação da cama para a semente, no dia 04 de Maio de 2016. Fósforo e potássio nas doses referidas para os ensaios de colza e girassol foram também aplicados neste ensaio. No ensaio da soja não foi aplicado azoto. Os fertilizantes foram aplicados em fundo e incorporados com uma escarificação.

A sementeira foi feita manualmente no dia 25 de Maio de 2016. A escarificação que permitiu a incorporação dos fertilizantes de fundo deixou pequenos sulcos abertos que foram usados para colocar a semente. As sementes foram inoculadas com rizóbios específicos para a soja (*Bradyrhizobium japonicum*). A semente inoculada foi colocada nos talhões respetivos de forma manual, simulando uma sementeira em linhas. Foi utilizada uma densidade de sementeira de 33,3, 25, 20, e 13,3 plantas m⁻², tal como já foi referido no delineamento experimental, o que corresponde a compassos de 6, 8, 10 e 15 cm na linha e 50 cm na entrelinha, respetivamente. Após a distribuição de sementes fez-se a incorporação por processo manual utilizando uma enxada.

Na data de 30 de Junho de 2016 fez-se o controlo de infestantes com sacha. Este trabalho foi complementado ao longo da estação de crescimento com mondas manuais.

No dia 17 de Junho de 2016 efetuou-se um tratamento fitossanitário com uma mistura de dois inseticidas contendo dimetoato (*Dafenil*) e imidaclopride (*Aplik*).

4.2. Determinações de campo

Durante a estação de crescimento fez-se o acompanhamento da evolução fenológica das culturas através de registos periódicos e usando escalas fenológicas adequadas a cada uma das culturas e com apoio de fotografia digital. No caso da colza utilizou-se a escala de Mendham e Salisbury (1995). Nos casos do girassol e da soja utilizaram-se, respetivamente as escalas fenológicas de Schneiter e Miller (1981) e Fehr e Caviness (1977).

4.2.1. Colza

Amostras de colza foram colhidas em estados vegetativos desde o Outono até ao início da Primavera. Efetuaram-se colheitas de plantas inteiras incluindo a parte radicular em 25 de novembro de 2015 nos talhões das duas datas de sementeira iniciais. Fez-se uma segunda colheita em 20 de fevereiro de 2016 que já incluiu os talhões das três datas de sementeira. Uma terceira colheita foi efetuada em 21 de março, tendo também sido avaliada apenas a biomassa aérea dos talhões das três datas de sementeira. Em 24 de julho foi efetuada a colheita final para avaliação da produção de biomassa total e produção de grão. Nas fases vegetativas a amostra consistiu em 0,5 m lineares, o que representa uma área de 0,25 m², tendo em conta que a distância na entrelinha é de 0,5 m. Na colheita final as amostras consistiram em 1 m linear, o que corresponde a amostras de 0,5 m².

As amostras das duas colheitas iniciais na fase vegetativa foram arrancadas colocadas em sacos plásticos etiquetados e conduzidas ao laboratório. Foram lavadas e separadas em raiz e parte aérea e secas em estufa de ventilação forçada regulada a 65 °C. As amostras da terceira data de amostragem consistiram apenas na parte aérea da planta, tendo sido cortadas junto ao solo com uma faca. Foram também colocadas em sacos plásticos etiquetados e conduzidas ao laboratório onde foram secas a 65 °C.

A colheita final de junho fez-se antes da desidratação completa das plantas para reduzir o dano provocado pelos pássaros. As plantas foram cortadas junto ao solo e colocadas a secar ao ar em lugar protegido do ataque dos pássaros por um período de duas semanas. De seguida procedeu-se à pesagem da planta inteira. Separaram-se as hastes com síliquas e com base numa subamostra fez-se a debulha com malhos de borracha. A limpeza das sementes foi feita com crivos e correntes de ar. As sementes

foram posteriormente pesadas em balança de precisão, sendo possível por diferença para a massa total da planta obter o peso da palha.

4.2.2. Girassol

A 25 de Julho de 2016 procedeu-se a colheita de girassol. A colheita teve de ser antecipada relativamente à desidratação integral da planta para reduzir o dano do ataque dos pássaros. Com uma faca cortaram-se 4 plantas inteiras em cada repetição de forma aleatória. Em seguida procedeu-se às medições da altura da planta, diâmetro do caule e diâmetro do capítulo. As plantas foram posteriormente secas ao ar por duas semanas. De seguida com um cilindro de 5 cm de diâmetro seleccionou-se uma secção no capítulo e colheram-se as sementes desta secção seleccionada sendo posteriormente pesadas. As plantas inteiras já sem as sementes foram também pesadas tendo-se registado os valores da sua massa.

A altura da planta foi também determinada. A planta foi medida da base ao topo do capítulo (fita métrica profissional) e registados os respetivos valores. O diâmetro do caule foi medido a pós o registo da altura da planta com auxílio de uma fita métrica, usando como referencia a parte basal do caule. O diâmetro do capítulo foi medido a pós o registo do diâmetro do caule na sua longitudinal com fita métrica.

4.2.3. Soja

Na data de 10 de Outubro de 2016 procedeu-se a colheita da soja. Com uma fita métrica isolou-se uma amostra de 1 m linear em cada talhão de forma aleatória. As plantas foram cortadas pela base do caule com uma navalha e identificadas com sacos de plásticos. De seguida foram levadas a estufa e postas a secar em meio com ventilação forçada por cinco dias e a uma temperatura de 65°C. Posteriormente procedeu-se à pesagem das plantas inteiras e registaram-se os respetivos valores. Por último seleccionou-se uma planta inteira em cada amostra para a moenda.

4.3. Determinações laboratoriais e técnicas analíticas

Nos tecidos vegetais, as determinações analíticas consistiram na avaliação do teor em azoto na colza, cultura sujeita a vários tratamentos azotados. O azoto foi ainda determinado na soja por se tratar de uma cultura com capacidade de fixar este nutriente

a partir de relações simbióticas que ocorrem nas suas raízes, uma vez que as sementes estavam inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*.

As amostras de colza provenientes do campo (folhas, raízes, sementes e palha) foram analisadas para a concentração de azoto nos tecidos. Todas as amostras foram previamente secas a 65 °C em estufa de ventilação forçada (*Memmert*). A matéria seca foi depois moída num moinho *Cyclotec* com um crivo de 1 mm de malha. As amostras de soja, neste caso da planta inteira, sofreram pré-tratamento idêntico antes de serem analisadas para a concentração de azoto nos tecidos.

As amostras de soja usadas para a determinação de azoto seguiram os mesmos procedimentos da colza.

Para a determinação da concentração em azoto foi pesado 1 grama de matéria seca para um tubo de digestão. A digestão é feita em meio sulfúrico em presença de um catalisador. Findo o período de digestão, o tubo é colocado num equipamento automático Kjeltex TM 8400 Analyser. Nele é adicionada uma quantidade de hidróxido de sódio acompanhado de vapor de água. A amónia formada é arrastada numa corrente de vapor e titulada com ácido clorídrico num vaso com uma solução recetora de ácido bórico (Bremner, 1996). A concentração de azoto é fornecida automaticamente pelo equipamento.

4.4. Análise estatística dos resultados

A análise dos resultados foi efetuada no programa estatístico JMP. Na análise estatística dos resultados procedeu-se à análise de variância, à concentração de médias e ao estabelecimento de correlação entre alguns parâmetros. As médias com diferenças significativas foram separadas com o teste Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

5. RESULTADOS

No presente capítulo são apresentados os resultados dos três ensaios realizados, e descritos no capítulo anterior de material e métodos, nomeadamente: datas de sementeira e doses de azoto em colza; variedades e densidades de sementeira em girassol; e densidades de sementeira em soja. Na experiência da colza compararam-se a performance da planta nas três datas de sementeira e doses de azoto, relativamente ao estado nutricional, produção total de biomassa ao longo do ciclo e produção final de grão. Na experiência do girassol compararam-se a performance das seis cultivares quando sujeitas a duas densidades de sementeira, tendo sido avaliados alguns parâmetros biométricos como a altura da planta, diâmetro do caule e diâmetro do capítulo bem como a produção de grão e a biomassa total. Na experiência da soja basicamente comparou-se a performance da planta em quatro densidades de sementeira sobretudo no que diz respeito à produção de biomassa e azoto exportado. Não foi possível avaliar a produção de grão, uma vez que a estação de crescimento em Bragança é muito curta (a duração do verão) não tendo a planta atingido a maturação das sementes.

5.1. Evolução do estado fenológico das plantas nos diferentes ensaios

A figura 21 mostra de forma esquemática a evolução fenológica das plantas da colza durante a estação de crescimento segundo a escala fenológica proposta por Mendham e Salisbury (1995). Apesar das limitações que existe na utilização de escalas fenológicas em dicotiledóneas, esta apresenta-se relativamente simples de interpretar, na medida em que assenta num código decimal semelhante à escala fenológica proposta por Zadoks et al. (1974) para os cereais e que tem tido aceitação praticamente universal (Rodrigues et al., 2010).

Registaram-se diferenças bem distintas entre as datas de sementeira em várias fases do ciclo cultural. A primeira data de sementeira de (25/09/2015) iniciou a floração mais cedo, em meados de Março, enquanto a segunda data de sementeira (16/10/2015) iniciou a floração no início de Abril e a terceira data de sementeira (14/11/2015) iniciou a floração mais tarde, em meados de Abril. A maturação das sementes também registou diferenças, sendo a primeira data de sementeira, aquela que atingiu maturação mais cedo e a terceira data registou maturação das sementes mais tarde.










	Cotilédones expostos	1. ^a folha expandida	2. ^a folha expandida	4. ^a folha expandida	5 nós detectáveis	Botões florais visíveis	40% de botões florais abertos	50% de siliquas potenciais com mais de 2cm	Sementes negras e duras
	1.00	1.01	1.02	1.04	2.05	3.3	4.4	5.5	6.9
									
DE1:	16/10/15	15/11/15	16/12/15	16/01/16	15/02/16	16/03/16	15/04/16	16/05/16	24/06/16
DE2:	05/11/15	06/12/15	06/01/16	05/02/16	06/03/16	05/04/16	20/04/16	20/05/16	24/06/16
DE3:	15/12/15	15/01/15	14/02/16	15/03/16	21/03/16	20/04/16	01/05/16	30/05/16	24/06/16

Figura 21. Evolução da fenologia da planta ao longo da estação de crescimento de acordo com a escola proposta por Mendham e Salisbury (1995). O esquema foi retirado de (Rodrigues, et al., 2010). As letras (DE1, DE2 e DE3) correspondem às datas de sementeira em estudo (Data 1, Data2 e Data 3).

A figura 22 mostra a evolução fenológica das cultivares de girassol desde a sementeira até a maturação das sementes. Registaram-se diferenças visíveis entre cultivares em várias fases do ciclo cultural. A figura 2 representa fases do desenvolvimento fenológico da cultivar Kiara. A cultivar Kiara, por exemplo, começou a floração relativamente cedo em 15 de junho, enquanto a Mooelli iniciou a floração mais tarde em 25 de junho. A maturação das sementes também foi atingida em diferentes fases, dependendo das cultivares, sendo Kiara a mais precoce, seguindo-se de Fortini e Oleko, sendo Mooelli a mais tardia.

A sequência de fotos (figura 22) mostra etapas importantes do desenvolvimento do girassol, designadamente: 2 pares de folhas (V4); floração plena (R5.5); e maturação fisiológica (R9). Segundo a escola fenológica proposta por Schneiter e Miller (1981).



Figura 22. Evolução da fenologia da planta ao longo da estação de crescimento de acordo com a escola proposta por Schneiter e Miller (1981).

A figura 23 mostra de forma esquemática a evolução fenológica das plantas da soja durante a estação de crescimento seguido a escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977). As plantas de soja mostraram um desenvolvimento vigoroso até ao início da formação de vagens. No final do Outono (Novembro) e princípio de Inverno (Dezembro) intensificou-se o frio causando a morte das plantas durante o inverno antes da maturação fisiológica das sementes.

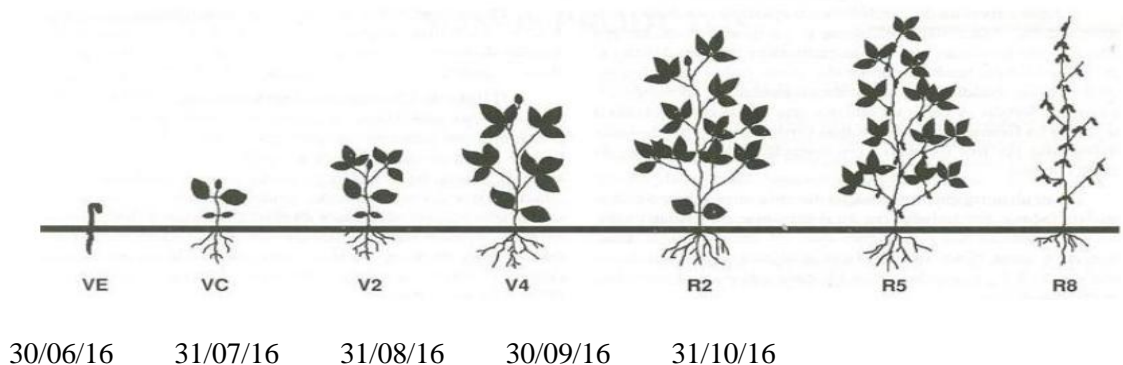


Figura 23. Evolução da fenologia da planta ao longo da estação de crescimento de acordo com a escala proposta por Fehr e Caviness (1977). Neste ensaio, as plantas de soja atingiram apenas o estado R2.

5.2. Evolução da biomassa e azoto exportado ao longo do ciclo vegetativo da colza

Na primeira colheita de material vegetal em (Novembro de 2015) a biomassa contida nas plantas no talhão correspondente à primeira data de sementeira (25/09/2015) foi significativamente mais elevada que a biomassa contida nas plantas semeadas aproximadamente um mês mais tarde em 16/10/2015 (Figura 24). A aplicação à sementeira de 25 kg N ha⁻¹ (N1) originou produção média de matéria seca ligeiramente superior ao tratamento testemunha sem fertilização à sementeira (N0) mas as diferenças não tiveram significado estatístico significativo. Assim, as plantas semeadas mais cedo ganharam um grande avanço no crescimento às que foram semeadas mais tarde, tirando partido das boas condições de crescimento do início do Outono.

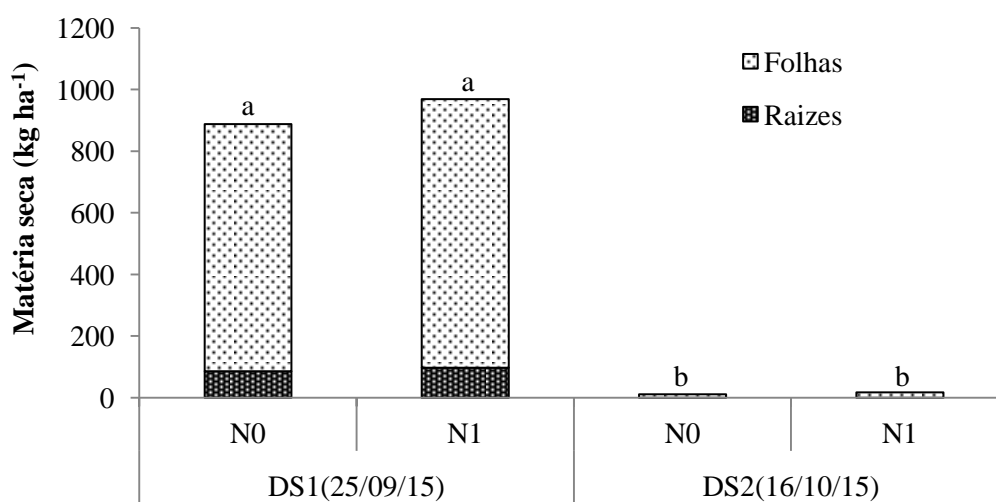


Figura 24. Produção de matéria seca pela colza distribuída por folhas e raízes nos tratamentos sem (N0) e com fertilizantes (N1) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1) e 16/10/2015 (DS2) na colheita efetuada em Novembro de 2015. As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para a matéria seca total (raízes + folhas). Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

A quantidade total de azoto exportado na biomassa aérea e raiz na primeira data de amostragem refletiu a quantidade de biomassa registada em cada talhão. Assim, a quantidade de azoto nos tecidos foi significativamente mais elevada nas plantas semeadas em setembro (25/09/2015) em comparação com as plantas semeadas em outubro (16/10/2015) (Figura 25). A aplicação de azoto em fundo (N1) originou um ligeiro aumento de azoto exportado relativamente à testemunha não fertilizada (N0) mas

as diferenças não tiveram significado estatístico significativo. Este resultado é esperado já que a exportação de azoto é obtida em função da produção de matéria seca e azoto nela contida (Hawkesford, 2012). Assim, como não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos na concentração de azoto nos tecidos, quando maior a quantidade de biomassa produzida maior a quantidade de azoto exportado.

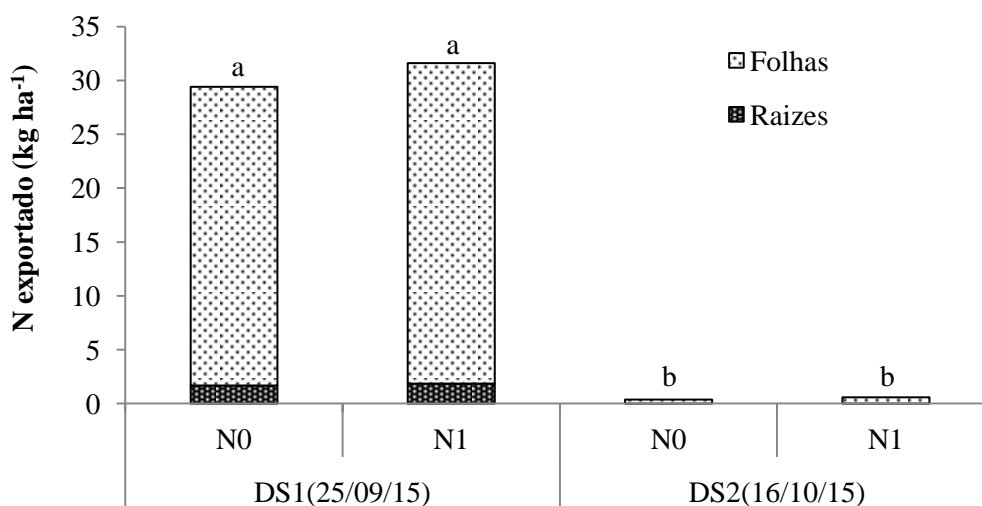


Figura 25. Azoto exportado na biomassa da colza distribuído por folhas e raízes nos tratamentos sem (N0) e com fertilizante (N1) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1) e 16/10/2015 (DS1) na colheita efetuada em Novembro de 2015. As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para o total de azoto exportado (raízes + folhas). Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

Na segunda data de amostragem de biomassa no ensaio da colza, em Fevereiro de 2016, observou-se que a produção de matéria seca foi estatisticamente mais elevada nos talhões correspondentes à primeira data de sementeira (25/09/2015) relativamente a segunda (16/10/2015) e terceira (14/11/2015) (Figura 26). A média da produção de matéria seca da segunda data foi superior à terceira, embora sem diferenças significativas. O efeito da aplicação do fertilizante azotado em fundo não foi significativo, embora na primeira data de sementeira a média de produção de matéria seca tenha sido ligeiramente superior na modalidade fertilizada (N1) relativamente à testemunha (N0).

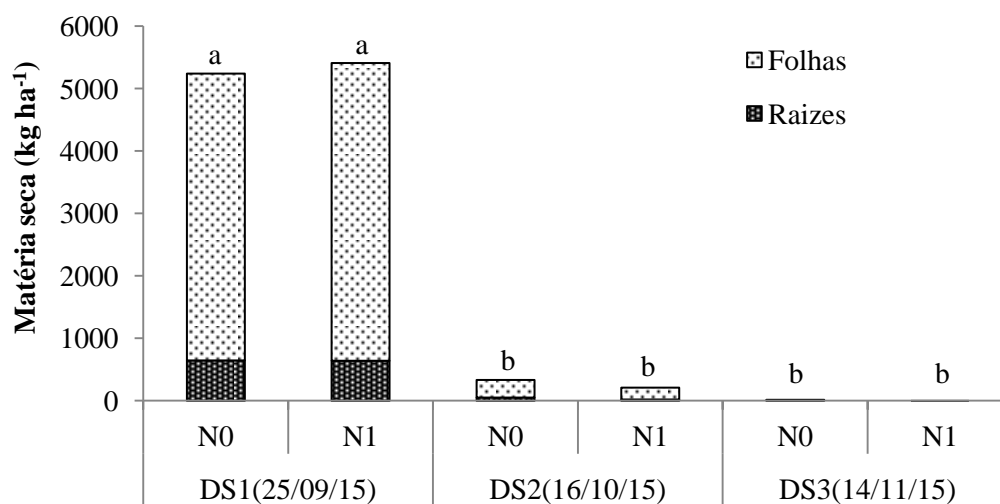


Figura 26. Produção de matéria seca pela colza distribuída por folhas e raízes nos tratamentos sem (N0) e com fertilizantes (N1) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1), 16/10/2015 (DS2) e 14/11/2015 (DS3) na colheita efetuada em Fevereiro de 2016. As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para o total de matéria seca produzida (raízes + folhas). Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

A quantidade de azoto exportado na segunda data de amostragem seguiu o padrão registado na matéria seca produzida, uma vez que não se registaram diferenças na concentração de azoto nos tecidos. Assim, a quantidade de azoto exportado na biomassa aérea e raízes foi significativamente superior nos talhões semeados mais cedo em 25/09/2015 em comparação com os talhões semeados nas datas seguintes, em 16/10/2015 e 14/11/2015 (Figura 27). Entre a segunda e terceira data de amostragem não se registaram diferenças significativas, embora a os valores médios tenham sido mais elevados para a segunda data de sementeira. Entre os tratamentos fertilizantes não se registaram diferenças estatísticas, embora os valores médios dos talhões da sementeira de 25/09/2015 tenham sido mais elevados na modalidade N1 em comparação com N0.

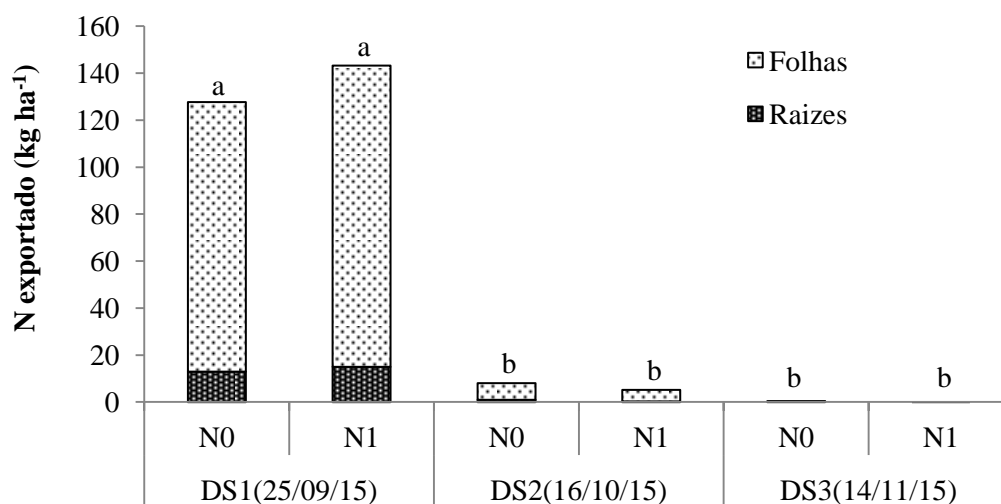


Figura 27. Azoto exportado na biomassa distribuído por folhas e raízes nos tratamentos sem (N0) e com fertilizantes (N1) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1), 16/10/2015 (DS2) e 14/11/2015 (DS3) na colheita efetuada em Fevereiro de 2016. As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para o azoto total exportado (raízes + folhas). Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

Na terceira amostragem avaliou-se a matéria seca e o azoto exportado apenas na biomassa aérea. Nesta fase, não foi possível recuperar o sistema radicular devido à dimensão das plantas. A matéria seca obtida na terceira amostragem manteve diferenças significativas da primeira sementeira (25/07/2015) para as sementeiras mais tardias (Figura 28). Nesta data de amostragem a produção de matéria seca nos talhões da segunda sementeira foram significativamente superiores aos registados nos talhões da terceira.

Esta terceira amostragem foi já efetuada após a aplicação da adubação azotada de cobertura. Verifica-se que independentemente da data de sementeira, as doses de azoto mais elevadas (N3) originaram maior produção de matéria seca. Assim, nesta data de amostragem, quer data de sementeira quer dose de azoto exerceram um efeito muito marcado na produção de biomassa e, por conseguinte, no potencial de produção da cultura.

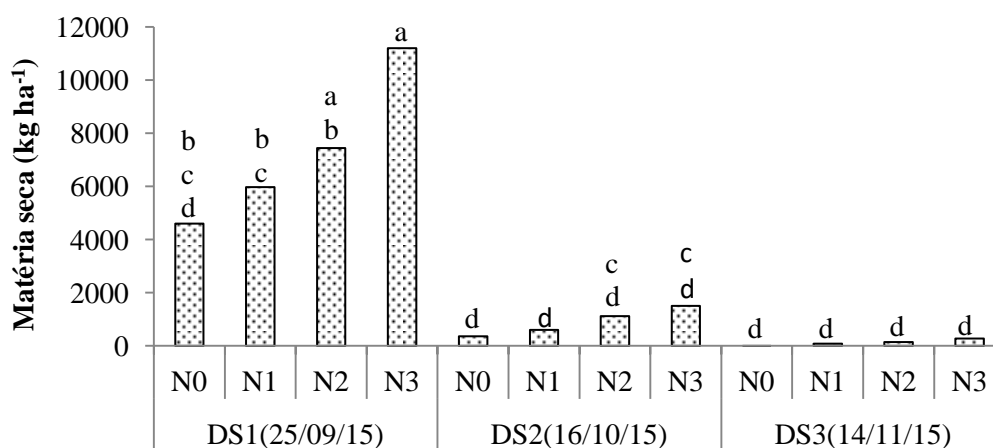


Figura 28. Acumulação de matéria seca na biomassa aérea nos tratamentos fertilizantes N0 (0 kg N ha⁻¹), N1 (50 kg N ha⁻¹), N2 (100 kg N ha⁻¹) e N3 (150 kg N ha⁻¹) e nas datas de sementeira de 25/09/2015 (DS1), 16/10/2015 (DS2) e 14/11/2015 (DS3) na colheita efetuada em Março de 2016. As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$). Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

A quantidade total de azoto exportado na biomassa aérea foi significativamente mais elevada nos talhões correspondentes à primeira data de sementeira, seguida da segunda e foi mais baixa na terceira data de sementeira (Figura 29). Este resultado reflete as diferenças na produção de biomassa, tal como apresentado na figura 28, uma vez que não se registaram diferenças significativas na concentração de azoto nos tecidos. A dose de azoto teve também um efeito significativo na quantidade de azoto exportado, tendo os valores decrescido significativamente da dose mais elevada (N3) para a modalidade testemunha (N0).

5.3. Produção de biomassa e azoto exportado pela colza na colheita

Na colheita a produção total de biomassa e de grão foram mais elevadas nos talhões semeados mais cedo, em 25/09/2016, seguidas dos talhões semeados em 16/10/2016 e por último surgem os talhões semeados em 14/11/2016 (Figura 30). Isto significa que as sementeiras tardias não conseguiram recuperar na primavera o atraso verificado na acumulação de biomassa durante o inverno. A fertilização azotada provocou um aumento significativo na produção de biomassa total e de semente em todas as datas de sementeira. Na data de sementeira mais precoce, em 25/09/2015, a produção de semente aumentou de forma significativa até 100 kg N/ha, não havendo resposta para a dose de 150 kg N/ha.

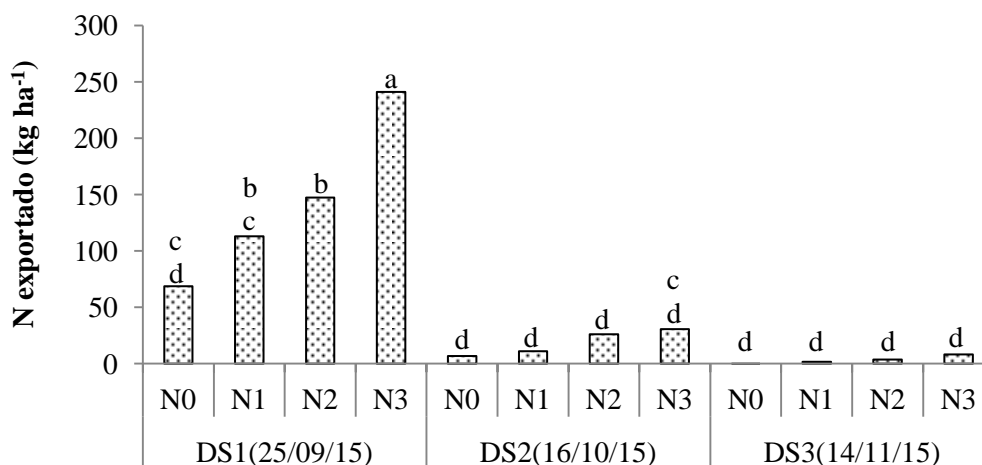


Figura 29. Azoto exportado na biomassa aérea nos tratamentos fertilizantes N0 (0 kg N ha⁻¹), N1 (50 kg N ha⁻¹), N2 (100 kg N ha⁻¹) e N3 (150 kg N ha⁻¹) e nas datas de sementeira de DS1, DS2 e DS3 na colheita efetuada em Março de 2016. As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$). Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

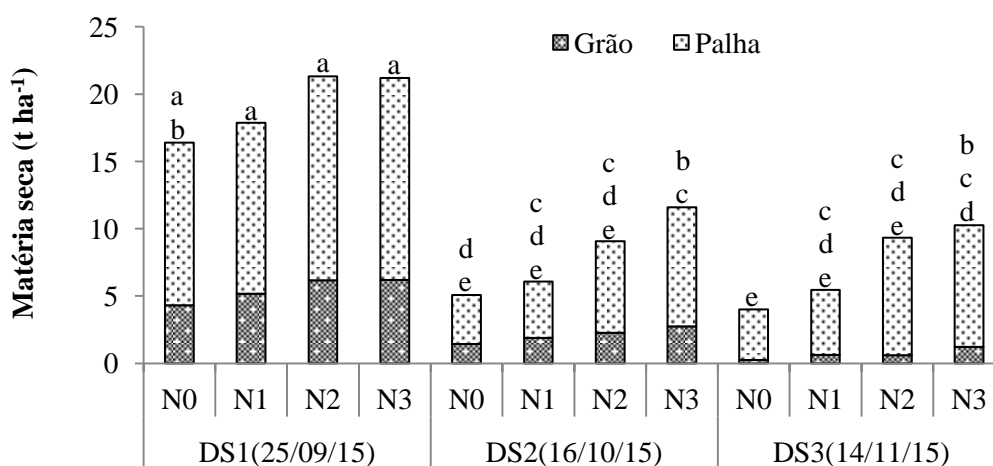


Figura 30. Produção de grão, palha e matéria seca total em função da data de sementeira (DS1, DS2 e DS3) e da dose de azoto (N0, N1, N2, N3 representam 0, 50, 100 e 150 kg N ha⁻¹). As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para a matéria seca total (palha + grão). Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

O padrão geral de resposta do azoto exportado foi semelhante ao verificado para a produção de biomassa (Figura 31). Isto é, as plantas semeadas mais cedo continham

maior quantidade de azoto na sua biomassa aérea (palha + grão) e as plantas semeadas mais tarde tinham menos azoto nos seus tecidos. De igual forma, as plantas dos talhões fertilizados com doses mais elevadas de azoto registaram quantidades de azoto acumulado mais elevadas na sua biomassa aérea. Ainda em comparação com a produção de biomassa, a resposta ao azoto aplicado é mais evidente devido ao facto da dose de azoto também aumentar a concentração de azoto nos tecidos. Assim, outro aspeto ou diferença relevante, é o facto de a palha representar maior massa que o grão (Figura 30) enquanto o grão apresenta uma quantidade total de azoto recuperado bastante mais elevada que a palha (Figura 31), em virtude do grão conter muito mais azoto na forma de proteína que a palha.

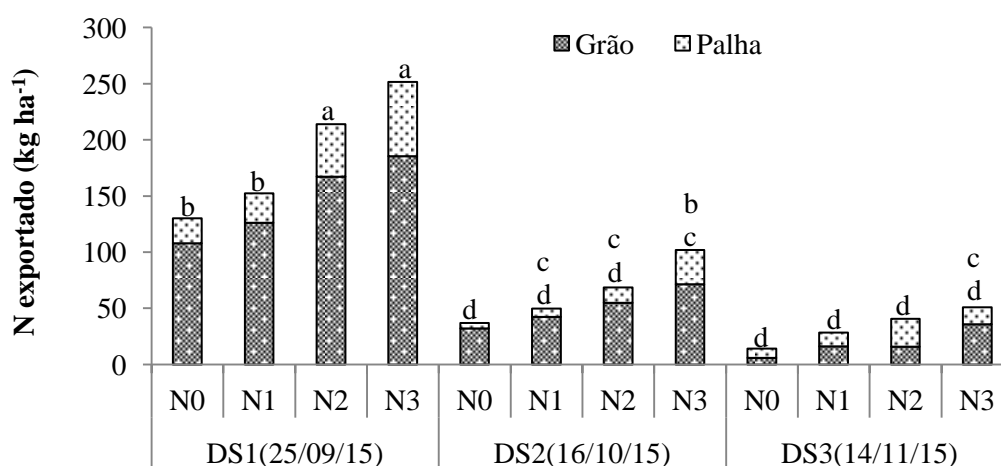


Figura 31. Azoto exportado no grão, na palha e total em função da data de sementeira (DS1, DS2 e DS3) e da dose de azoto (N0, N1, N2, N3 representam 0, 50, 100 e 150 kg N ha⁻¹). As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para o azoto total na planta (palha + grão). Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

5.4. Parâmetros biométricos da planta de girassol

A altura das plantas foi medida em Agosto de 2016, no momento da colheita. Os resultados são apresentados para as seis variedades ensaiadas e as duas densidades de sementeira na figura 32. Registaram-se diferenças significativas entre variedades e entre densidades de sementeira. A média mais elevada para a altura das plantas foi registada para a variedade Kiara (Syngenta) e uma densidade de 40 000 plantas por hectare (D4) (1,63 m). Pelo contrário, a média mais baixa foi registada com a variedade Mooelli (Agrovete) na densidade de 60 000 plantas por hectare (D6) (1,23 m).

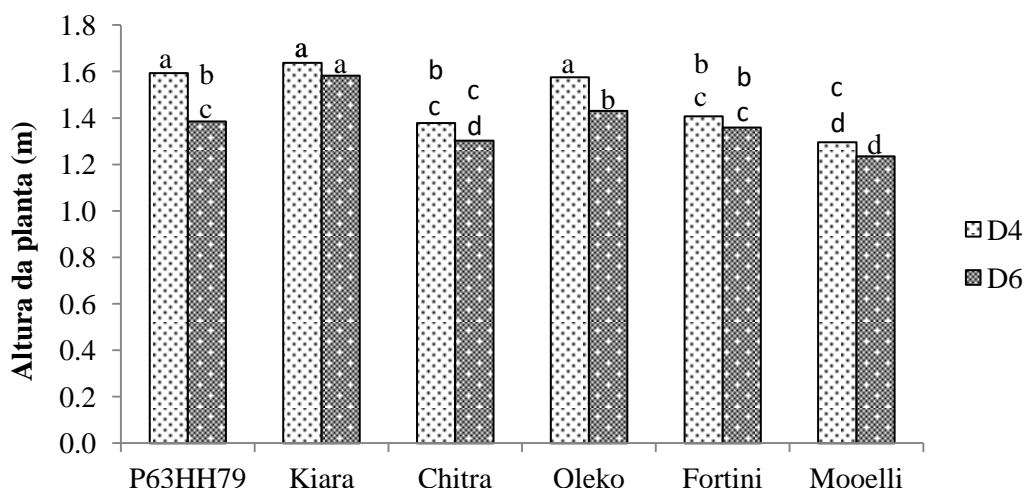


Figura 32. Média da altura das plantas de girassol de seis variedades e duas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m⁻²). As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para a altura das plantas. Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

Na colheita foi também medido o diâmetro do caule na base da planta. Os resultados para o efeito das variedades e das densidades de sementeira são apresentados na figura 33. Os resultados mostraram existirem diferenças significativas entre variedades e entre densidades de sementeira. Os valores mais elevados foram registados para a variedade Kiara semeada na densidade de 40 000 plantas por hectare (8,28 cm) e os valores mais baixos para a variedade Mooelli semeada na densidade de 60 000 plantas por hectare (5,25 cm). O efeito da densidade de sementeira no diâmetro do caule foi marcado, tendo sido registados valores significativamente mais elevados na densidade de 40 000 plantas por hectare.

Na colheita foi também medido o diâmetro do capítulo. Na figura 34 são apresentados os resultados para a combinação de variedades e densidades de sementeira. Também neste parâmetro ocorreram diferenças significativas entre variedades e entre densidade de sementeira. A média mais elevada do diâmetro dos capítulos foi registada para a variedade Fortini quando cultivada numa densidade de 40 000 plantas por hectare (20,26 cm). Os valores mais baixos foram registados na variedade Mooelli cultivada na densidade de 60 000 plantas por hectare (12,97 cm). Também no diâmetro do capítulo se registou um efeito marcado das densidades de sementeira, estando os capítulos de maiores dimensões associados a densidades de sementeira mais baixos, ou seja, menos plantas na unidade de área originam plantas com capítulos maiores.

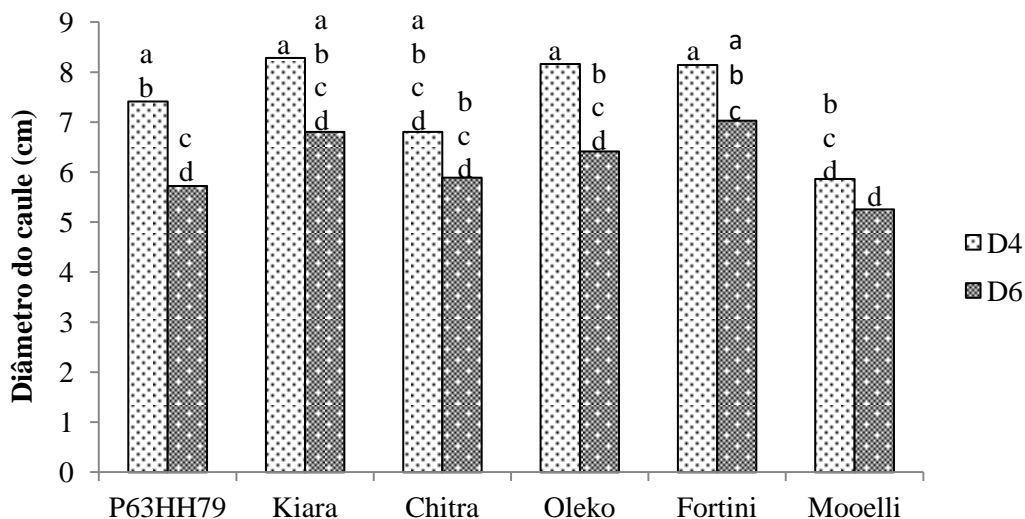


Figura 33. Média do diâmetro do caule das plantas de girassol de seis variedades e duas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m^{-2}). As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para o diâmetro do caule. Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

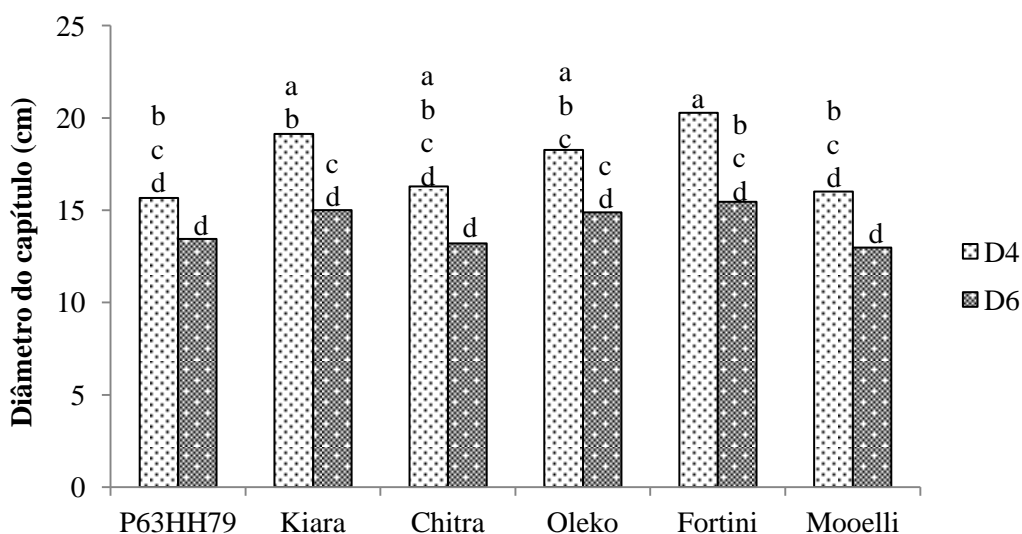


Figura 34. Média do diâmetro do capítulo das plantas de girassol de seis variedades e duas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m^{-2}). As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para o diâmetro do capítulo. Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

5.5. Produção de grão de girassol

Os resultados da produção de grão do ensaio do girassol foram apresentados na figura 35, combinando as diferentes variedades e as duas densidades de sementeira. Os resultados mostraram diferenças significativas entre variedades, apresentando-se mais produtiva nas condições deste ensaio a variedade Kiara e menos produtiva a variedade Mooelli. Relevante foi também observar-se que a densidade mais adequada a estas condições de cultivo em sequeiro foi a de 40 000 plantas por hectare. O pico de produção mais elevado foi atingido com a variedade Kiara quando semeada na densidade de 40 000 plantas por hectare (2886 kg ha⁻¹) e o pico mais baixo foi registado para a variedade Mooelli quando semeada na densidade de 60 000 plantas por hectare (1309 kg ha⁻¹).

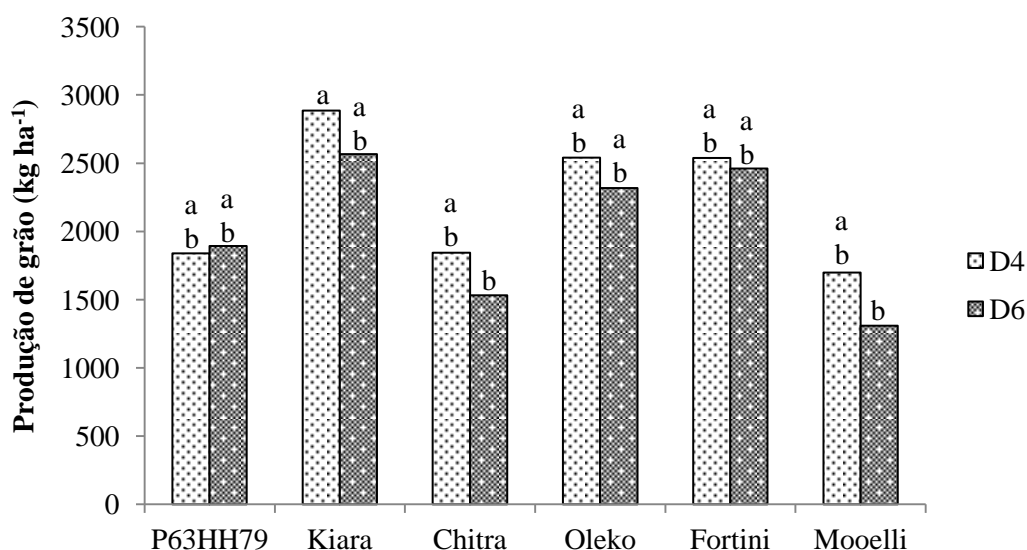


Figura 35. Média da produção de grão de girassol de seis variedades e duas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m⁻²). As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para a produção de grão. Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

Com base na produção de grão e na produção total de biomassa na parte aérea da planta de girassol foi calculado o índice de colheita como a quantidade de matéria seca no grão em relação à quantidade total de matéria seca parte aérea da planta. Na prática, o índice de colheita fornece indicação sobre a eficiência da planta na remobilização de reservas para o grão. Os resultados combinados de variedades e densidades de

sementeira são apresentados na figura 36. Não foi possível observar diferenças significativas para o índice de colheita quer comparando variedades quer comparando densidades de sementeira. Os valores médios oscilaram entre 0,37 e 0,59 mas sem diferenças significativas entre variedade e densidades de sementeira como se referiu.

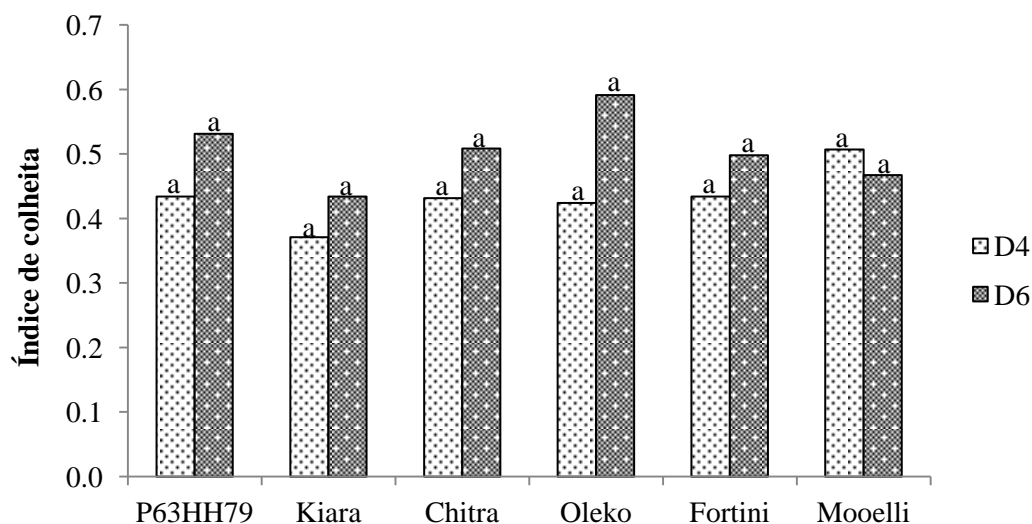


Figura 36. Índice de colheita para as seis variedades e respectivas densidades de sementeira (D4, D6, 4 e 6 plantas m^{-2}). As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para o índice de colheita. Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

5.6. Relação entre características biométricas da planta e produção de grão em girassol

Foi possível estabelecer uma relação linear significativa ($P < 0,01$), ainda que com coeficiente de determinação relativamente baixo ($R^2 = 0,41$), entre a altura das plantas e a produção de grão por planta (Figura 37). A tendência linear observa-se mas o erro na previsão da produção de grão com base na altura da planta é relativamente grande.

A relação entre o diâmetro do caule e a produção de grão por planta é apresentada na figura 38. Foi estabelecida uma relação linear significativa ($P < 0,01$) entre as duas variáveis com um coeficiente de determinação bastante elevado ($R^2 = 0,79$). Este resultado mostra que a partir de medições do diâmetro do caule é possível estimar a produção de grão, bastando para isso conhecer o número de plantas na unidade de área. O diâmetro do caule, embora possa variar com as características

genéticas da cultivar, varia sobretudo com as condições de crescimento das plantas, sendo uma medida do seu vigor. Desta forma, plantas mais vigorosas, de caule mais grosso, revelam-se mais produtivas.

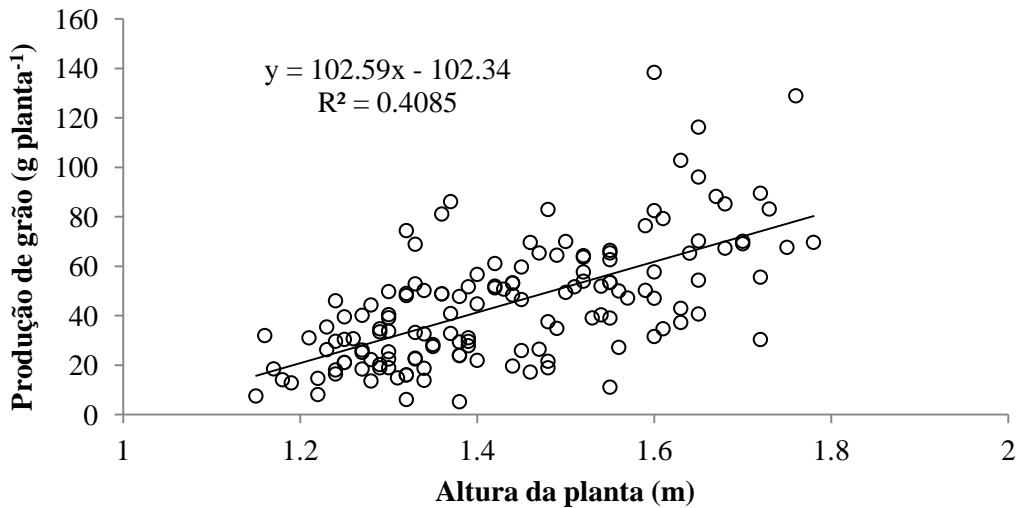


Figura 37. Variação da produção de grão em função da altura da planta de girassol.

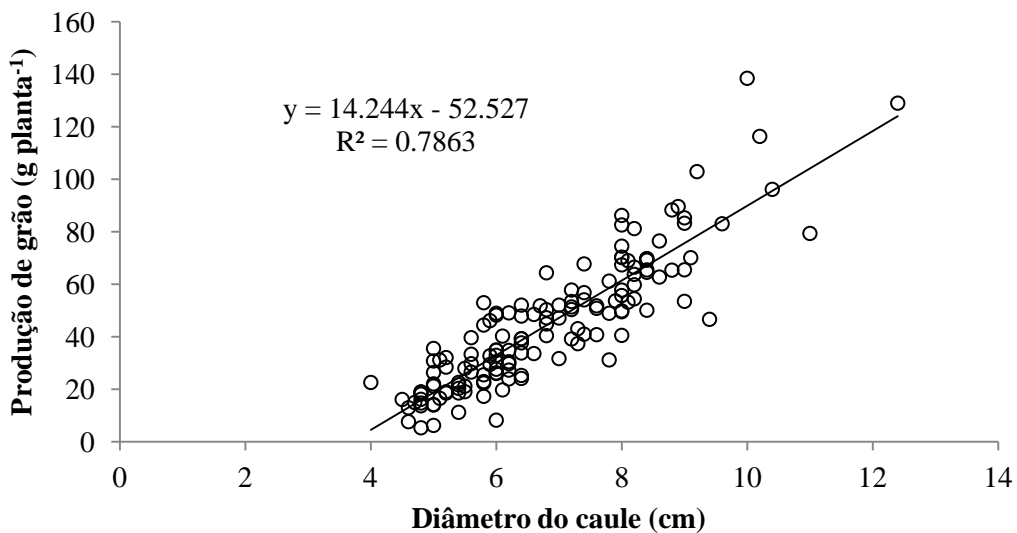


Figura 38. Variação da produção de grão em função do diâmetro do caule de girassol.

O diâmetro do capítulo mostrou uma relação linear com um coeficiente de determinação elevado ($R^2 = 0,93$) com a produção de grão. O diâmetro do capítulo está relacionado com o número de grãos por planta e por conseguinte com o peso do grão. Como seria de esperar, a partir do diâmetro médio do capítulo e do número de plantas

na unidade de área é possível estimar com bastante rigor a produção de grão de uma seara de girassol.

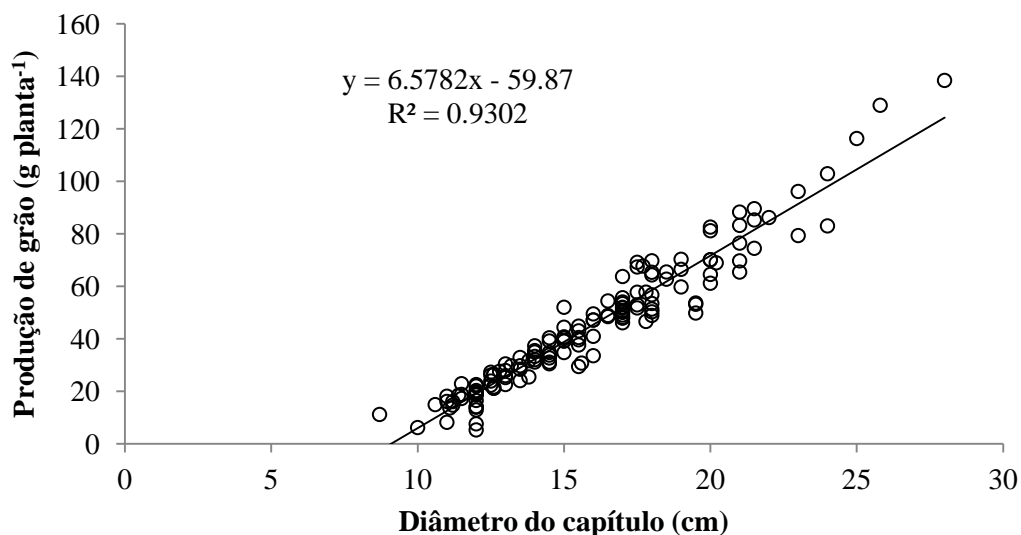


Figura 39. Variação da produção de grão em função do diâmetro do capítulo do girassol.

5.7. Produção de biomassa, concentração de azoto nos tecidos e azoto exportado na cultura da soja

No ensaio de densidades de sementeira com a cultura da soja não foi possível obter informação sobre a produção de grão. A variedade ensaiada revelou ser uma variedade de crescimento indeterminado e de duração de ciclo demasiado longo para as condições de crescimento da região de Bragança no Nordeste de Portugal. No Outono, quando as temperaturas baixas chegaram, as plantas estavam ainda na fase inicial de formação da vagem. Assim, os resultados possíveis e considerados na colheita da soja foram a produção total de matéria seca na biomassa aérea, a concentração de azoto nos tecidos e o azoto exportado na parte aérea da planta.

A produção média de matéria seca na parte aérea da planta de soja foi tanto mais elevada quanto maior a densidade de sementeira, reduzindo-se progressivamente do talhão onde se semearam 33,3 plantas m⁻² (~14 t ha⁻¹) para o talhão onde se semearam apenas 13,3 plantas m⁻² (~10,5 t ha⁻¹) (Figura 17). De qualquer forma, devido a alguma variabilidade experimental as diferenças não tiveram significado estatístico. Este aspeto também mostra a elevada plasticidade da soja à densidade de sementeira.

A concentração de azoto na planta não sofreu variações estatisticamente significativas entre densidades de sementeira, tendo os valores médios extremos oscilado entre 7,57 g kg⁻¹ na densidade de 25 plantas m⁻² e 8,21 g kg⁻¹ na densidade 33,3 plantas m⁻².

A quantidade de azoto exportado refletiu os resultados na produção de biomassa com diminuição das densidades de sementeira mais elevadas para as menores densidades. Os valores oscilaram entre 111,5 kg ha⁻¹ na densidade de 33,3 plantas m⁻² e 77,0 kg ha⁻¹ na densidade de 13,3 plantas m⁻². Contudo, devido a alguma variabilidade experimental, as diferenças não foram estatisticamente significativas, o que reflete uma vez mais a elevada plasticidade da soja em resposta à densidade de sementeira.

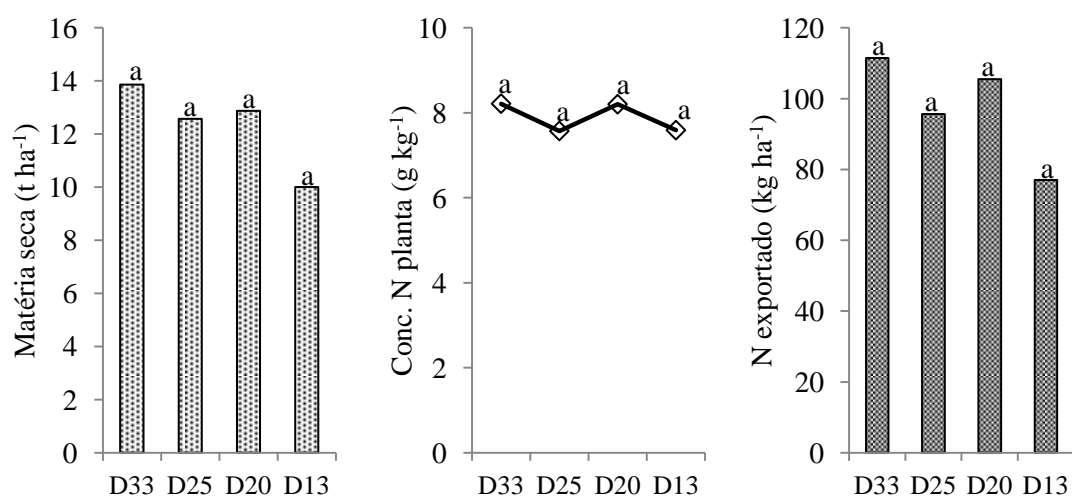


Figura 40. Matéria seca na parte aérea (esquerda), concentração de azoto nos tecidos (centro) e azoto exportado na cultura da soja sujeita a quatro densidades de sementeira, respetivamente 33,3 (D33), 25,0 (D25), 20,0 (D20) e 13,3 (D13) plantas m⁻². As letras acima das barras são resultantes da análise de variância e do teste de separação de média Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para os diferentes parâmetros. Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. Evolução do estado fenológico das plantas da colza, girassol e soja

As plantas da colza mostraram um desenvolvimento diferenciado na fase de roseta, com as folhas verdadeiras de tamanho normal para a primeira data de sementeira (25/09/2015), menores para a segunda data de sementeira (16/10/2015) e muito reduzidas para a terceira data de sementeira (14/11/2015). A razão do reduzido desenvolvimento da roseta na segunda e terceira datas de sementeira deveu-se ao atraso nas datas de sementeira. Á medida que as sementeiras se atrasaram para meados de Outubro e Novembro a emergência foi mais demorada bem como o crescimento inicial das plantas. Assim, uma sementeira mais precoce parece ser recomendável, uma vez que favorece o desenvolvimento inicial e confere resistência ao frio (Pouzet, 1995).

O período de floração foi longo, sobretudo porque em 2015/16 a Primavera decorreu fresca e chuvosa. A floração teve início em fim de Março/início de Abril. Um período de floração longo é um aspeto de grande importância pois confere plasticidade á cultura face ao surgimento de qualquer stresse ambiental, em particular geadas tardias de primavera. Apesar de uma Primavera fresca e longa, as plantas dos talhões das datas de sementeiras mais tardias não conseguiram recuperar e igualar o desenvolvimento fenológico das plantas dos talhões com data de sementeira mais precoce.

Os resultados obtidos com as cultivares de girassol mostraram diferenças nítidas no desenvolvimento fenológico entre cultivares. A partir do mês de maio, nesta região, a estação de crescimento é caracterizada por altas temperaturas e fotoperíodos longos, bem como precipitação muito reduzida. Este clima sugere que as variedades mais precoces possam tirar vantagem por alcançarem maior desenvolvimento enquanto as condições hídricas são menos desfavoráveis.

Algumas cultivares germinaram melhor que outras, surgindo menos falhas nos talhões, talvez por terem um processo de germinação mais rápido. É de notar que na data de sementeira (4 de Maio neste caso), o solo desidrata rapidamente devido ao processo de preparação para a sementeira dificultando a emergência das sementes. Se ocorre precipitação após a sementeira (tal como se registou neste ensaio) as elevadas temperaturas do ar no mês de maio originam a formação de crostas superficiais o que dificulta também a emergência das plantas. Nas condições deste ensaio as cultivares que germinaram melhor foram Kiara, Fortini e Oleko. Apesar de se considerar o girassol

como uma espécie de grande plasticidade, adaptando-se a diversas situações ambientais, a germinação é altamente dependente de fatores do meio, como temperatura do ar e disponibilidade hídrica (Bruginski e Pissaia, 2002).

A floração e a maturação dos aquênios também foram de igual modo afetados pelas variáveis ambientais, sobretudo pelo déficit hídrico que nestas duas fases se agravou drasticamente. Não obstante o girassol ser classificado como resistente à seca, o déficit hídrico, em especial durante o período de floração, afeta negativamente o rendimento e o teor em óleo das sementes (Lauriane et al., 2015). Partindo deste pressuposto, é bem provável que a produtividade do girassol neste ensaio tenha sido condicionada pela falta de precipitação e elevadas temperaturas que se registaram no verão.

As plantas de soja mostraram um ciclo excessivamente longo para a estação de crescimento de Bragança (Portugal) onde decorreu o ensaio, não tendo as plantas cumprido as fases de enchimento do grão (R5) e maturação plena das sementes (R8) referente a escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977). Na origem deste resultado terá também estado uma sementeira tardia, ocorrida a 25 de Maio. Uma sementeira tardia e uma estação de crescimento curta fizeram com que as plantas morressem devido às baixas temperaturas registadas nesta região no outono seguinte, antes da formação plena de vagem. A duração do ciclo vegetativo da cultura da soja pode ser relacionada em termos de exigências bioclimáticas com a temperatura do ar. A soma de unidades térmicas ou graus-dia, vai determinar o tempo que determinada planta precisará desde a emergência à maturação das sementes (Picini, 1998; Schoffel e Volpe, 2002). A duração entre a emergência e a floração (duração do ciclo) determina ainda a produção de matéria seca da planta bem como a produção de grãos (Shanmugasundaram e Tsou, 1978). Neste trabalho, a falta de conhecimento sobre a duração do ciclo da cultivar usada nesta experiência impossibilitou a previsão deste resultado.

6.2. Evolução da biomassa/produção ao longo do ciclo vegetativo e colheita da colza

As três datas de sementeira (25/09/2015, 16/10/2015 e 14/11/2015) tiveram um efeito pronunciado na produção de biomassa da cultura da colza. Assim, sementeiras a partir de 15 de setembro, tal como são recomendadas para a região de Zamora em Espanha (Anon, s.d.), podem apresentar vantagem nesta região. De acordo com Rodrigues et al. (2013), a sementeira deverá efetuar-se o mais cedo possível no outono,

com referência para os meses de setembro e outubro. Em comparação com o trigo, a colza deverá semear-se mais cedo. No Brasil, por exemplo, o período mais indicado para o cultivo da colza vai de 11 a 20 de abril, sobretudo em zonas de clima aproximado ao do tipo mediterrânico, em que, o atraso da época de sementeira provoca redução significativa da biomassa, sobretudo para cultivares de ciclo longo, comparadas às de ciclo precoce. Uma vez que a colza apresenta maior potencial de produção de biomassa quando é semeada no início da época indicada, o potencial de rendimento diminui a cada dia de atraso na sementeira após esta data (Tomm et al., 2004). A data de sementeira é, por estes motivos, muito importante. À medida que se atrasa a data de sementeira ocorre um prejuízo. Se for semeada mais cedo, quando chega a Primavera as plantas já estão grandes e persistem sempre maiores ao longo da estação de crescimento. As que se atrasam, nunca mais atingem o desenvolvimento das que germinaram primeiro, também porque neste clima a primavera é curta e cai menos chuva, o que limita a recuperação das plantas cujo desenvolvimento se atrasou durante o inverno.

A produção total de biomassa e de grão variaram significativamente entre as três datas de sementeiras e entre as diferentes doses de azoto ensaiadas (0, 50, 100 e 150 kg N ha⁻¹). Os resultados revelam que a produção aumentou de forma significativa até à dose de 100 kg N/ha, na primeira data de sementeira. Na segunda e terceira datas de sementeira ocorreram aumentos de produção até à dose de azoto mais elevada. Este resultado é semelhante ao registado por Cordeiro et al. (1993) que encontraram maior produção de grãos com 100 kg N ha⁻¹, em resposta de *Brassica napus* a doses e épocas de aplicação de azoto. Ruwer et al. (s.d.) observaram uma máxima eficiência com a dose de 90 kg N ha⁻¹, alcançando rendimento de grãos de 1.787 kg N ha⁻¹. Kaefer et al. (2014) alcançaram os melhores resultados da produtividade de grãos com a dose de 88 kg N ha⁻¹, que proporcionou 1.598 kg ha⁻¹ de grãos. Biscaro et al. (2008) por exemplo, verificaram um efeito quadrático com aumento da produtividade de grãos até a dose máxima estimada de 51.7 kg N ha⁻¹, alcançando 2.101 kg ha⁻¹. A adubação azotada além da produção de grão, influencia a produção de matéria seca da parte aérea, a área foliar, o número e a massa seca de síliquas por planta e os teores de óleo nos grãos da colza. Contudo, há relatos de ausência de resposta ou até mesmo de efeito negativo de doses excessivas de azoto na produtividade de grãos de colza (Kaefer et al., 2014). Por outro lado, o rendimento em grão depende do número de síliquas por planta, do número de grãos por síliqua, da massa de um grão e do número de plantas por unidade de área. No

entanto, há componentes que influenciam indiretamente o rendimento, como o número de ramos primários, secundários e terciários e o comprimento dos ramos. Em colza, o principal componente do rendimento é o número de flores que se traduzem em síliquas. O número de síliquas é um fator de extrema importância, pois determina a produção de grãos de colza (Bandeira et al., 2013).

6.3. Parâmetros biométricos da planta de girassol

A altura da planta variou significativamente em função das cultivares e densidades de sementeira. A variedade Kiara foi a que apresentou altura mais elevada quando cultivada com uma densidade de 40 000 plantas por hectare. Silva e Rizzardi (1993), ao avaliarem o efeito da densidade, através da arquitetura da planta também obtiveram maior altura com menor densidade de plantas (30 000 plantas ha⁻¹). Estes dados divergem dos observados por Nepomuceno (1989) e Schmidt (1985) que obtiveram maior altura da planta com densidade mais elevada (70 000 plantas ha⁻¹).

Os resultados do efeito das variedades e das densidades de sementeira no diâmetro do caule na base da planta mostraram aumento significativo com a redução da densidade de 60 000 para 40 000 plantas ha⁻¹. Isto quer dizer que, à medida que se aumenta a densidade, a tendência é para se obter um diâmetro do caule menor. Resultados similares foram encontrados por Nepomuceno e Ferreira da Silva (1992) que observaram diminuição do diâmetro do caule à medida que se elevava a densidade. Silva e Rizzardi (1993) em estudos com três cultivares, também obtiveram diminuição no diâmetro do caule com o aumento de densidade na primeira época de sementeira. Sheaffer et al. (1977) verificaram também que as plantas cultivadas com alta densidade apresentaram caules finos.

Os resultados para a combinação de variedades e densidades de sementeira em função do diâmetro do capítulo também mostraram um aumento no diâmetro do capítulo com a redução da densidade de 60 000 para 40 000 plantas ha⁻¹. Verificou-se que o efeito da densidade de plantas no incremento do diâmetro do capítulo foi mais acentuado na variedade Fortini. Silva e Rizzardi (1993) em estudos com três cultivares, observaram diminuição de forma quadrática no diâmetro do capítulo com o aumento da densidade de plantas. Segundo Rodrigues (1992) o diâmetro do capítulo é um parâmetro fortemente favorecido pelas baixas densidades populacionais. É no entanto um resultado esperado já que é um parâmetro que incide sobre plantas individuais e estas atingem melhores resultados quando a competição entre elas pelos nutrientes, água e luz é menos

acentuada. O diâmetro do capítulo, de um modo geral, tem implicação direta sobre o número potencial de aquênios. De acordo com Silva et al. (2009), baixos rendimentos em girassol ocorrem em função da redução da disponibilidade hídrica no solo, já que afeta o crescimento dos capítulos e aquênios. O diâmetro do capítulo é uma característica importante no momento da escolha de uma cultivar, pois existe um efeito positivo e direto entre o diâmetro do capítulo e a produtividade fazendo com que os genótipos com maior produtividade de grãos possam ser obtidos a partir de seleção para maior diâmetro do capítulo (Farhatulhah e Khalil, 2006; Amorim et al., 2008; Patil, 2011).

6.4. Produção de grão de girassol

As diferenças encontradas relativamente à produção de grão de girassol, combinando as diferentes variedades e as duas densidades de sementeira reforçam a constatação da variedade Kiara como sendo a mais produtiva, comparativamente às restantes e a densidade de 40 000 plantas por hectare mais adequada nas condições de cultivo de sequeiro, com um rendimento médio de aproximadamente 3000 kg ha⁻¹. Em sequeiro, quando os recursos hídricos são limitados, menor número de plantas por hectare parece ser a melhor solução. Na origem destes resultados está o facto das plantas terem sofrido muito com a falta de água no verão, o que restringe fortemente o seu desenvolvimento. Assim sendo, em sequeiro mais plantas por unidade de área sofrem mais competição, os capítulos são mais pequenos e a produção é menor. Por outro lado, justificam as observações anteriores relativamente ao facto de o talhão da variedade Kiara ter registado maior produção de grão, maior diâmetro do caule e maior altura, mostrando-se ser a variedade com maior precocidade e melhor adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região. Resultados similares foram encontrados por Braz e Rossetto (2010) para o rendimento de aquênios. Usando duas densidades (45 000 e 75 000 plantas ha⁻¹), verificaram maior valor médio de aquênios sob a densidade de 45.000 plantas ha⁻¹. Segundo Castro et al. (1996), a densidade de sementeira é decisiva no rendimento da cultura, devendo variar, entre 40 000 a 45 000 plantas ha⁻¹. Assim, justifica-se que o resultado obtido com a densidade de sementeira de 40 000 plantas ha⁻¹ tenha sido mais favorável à cultura do girassol. Contudo, a disponibilidade hídrica terá sido um dos fatores que mais contribuiu para que a produtividade média fosse relativamente elevada em qualquer das cultivares.

A quantidade de matéria seca no grão em relação à totalidade da parte aérea da planta (índice de colheita) não mostrou grande sensibilidade ao efeito da variedade e da densidade de sementeira. Apesar de se evidenciarem valores médios a variar entre 0,37 e 0,59, as diferenças entre cultivares ou entre densidades de sementeira não foram estatisticamente significativas. Provavelmente na origem deste resultado está a fraca eficiência na translocação de carboidratos das partes vegetativas para o grão. Resultados similares foram encontrados por Braz e Rossetto (2010), não encontrando diferença entre tratamentos para o índice de colheita entre a densidade de 45 000 e 75 000 plantas ha⁻¹. Cox e Jolliff (1986) também não verificaram diferença no índice de colheita de plantas de girassol em condições de restrições hídricas. Contudo, provavelmente a falta de água no solo resultou em diminuição no desenvolvimento das plantas, limitando o enchimento dos grãos a partir das reservas acumuladas nas folhas/pecíolos, caule e capítulo. Como consequência, observa-se diminuição no diâmetro dos capítulos e se evidencia a redução da produtividade.

6.5. Relação entre características biométricas da planta e produção de grão em girassol

Da análise aos resultados verifica-se que existe correlação linear nos três parâmetros analisados, altura da planta, diâmetro do caule e diâmetro do capítulo com a produção de grão.

A relação entre a altura da planta e a produção de grão registou apenas um coeficiente de correlação de 40.8%, embora pareça que às maiores alturas correspondem maiores produções de grão de uma forma linear. Isto poderá significar que, a produção de grão, tal como altura da planta, sejam sensíveis às mesmas variáveis ambientais, como o stresse hídrico nas fases de enchimento do grão, e condições atmosférica em que ocorre a fecundação. Contudo, a altura da planta não parece ser uma variável a partir da qual se possa estimar a produção de grão.

A relação entre o diâmetro do caule e a produção já manifesta um coeficiente de correlação de 78,6%. O diâmetro do caule mostra ser um bom indicador da produção de grão. Provavelmente as diferenças encontradas estão relacionados com a manifestação dos fatores ambientais (água, luz e nutrientes) nas duas variáveis, de forma idêntica, isto dentro das densidades utilizadas. Se variar muito a densidade é expectável que estas condições influenciem de forma significativa o diâmetro do caule, de forma não necessariamente proporcional à produção.

A relação entre diâmetro do capítulo e produção de grão apresenta o melhor coeficiente de correlação encontrado (93.0%), como seria de esperar. Assim, maior diâmetro do capítulo corresponde maior produção de grão e menores densidades populacionais. Contudo, é também espectável que esta relação só apresente coeficiente de correlação tão elevado dentro de uma gama estreita de densidades de sementeira. Por exemplo, densidades excessivamente baixas originarão enormes capítulos aos quais não poderão corresponder elevadas produções devido ao reduzido número de plantas na unidade de área.

6.6. Produção de biomassa, concentração de azoto nos tecidos e azoto exportado na cultura da soja

As diferenças observadas na matéria seca da parte aérea da planta de soja em função da densidade de sementeira mostraram que os resultados obtidos não tiveram diferenças significativas. Resultados opostos foram encontrados por Watanabe et al. (2005), quando observaram um aumento significativo nos valores de matéria seca com a menor densidade de plantas. Já Feitosa (2014) fundamenta dizendo que, com o desenvolvimento dos sucessivos estádios fenológicos da soja, ocorre um aumento da área foliar da planta, aumentando a capacidade de intercepção da luz incidente sobre o dossel da cultura. Como existe correlação direta e positiva entre intercepção da luz e acumulação de matéria seca da planta, tem-se que, a produção de matéria seca aumenta à medida que a área foliar aumenta. Contudo, existe um limite, determinado pelo índice da área foliar, denominado de índice de área foliar crítico, definido como o índice de área foliar que absorve 95% da radiação solar incidente. Na nossa experiência é provável que mesmo a menor densidade de plantas tinha desenvolvido índice de área foliar suficiente para captar suficiente radiação e não se terem registado diferenças significativas entre densidades.

A concentração do azoto na planta não variou significativamente entre as densidades de sementeiras estudadas. De acordo com Feitosa (2014), a partir do momento que a planta de soja inicia sua atividade fotossintética, começa a concentrar azoto em distintos órgãos, principalmente na haste principal, ramificações, pecíolos e folhas. A taxa de concentração de azoto acentua-se a partir da expansão do quarto ou quinto trifólio e intensifica-se ainda mais durante o período de crescimento vegetativo, mantendo-se elevada até o início da formação do grão. A partir desta fase acentua-se a translocação do azoto dos órgãos vegetativos para os reprodutivos. Neste ensaio todas

as densidades terão tido expansão de biomassa equivalente e igual acesso ao azoto, pelo que a concentração do nutriente foi equivalente em todas as densidades.

A quantidade de azoto exportado na produção de biomassa não registou diferenças significativas entre as densidades de sementeira. Segundo Cantarella e Montezano (2010) a necessidade de azoto pode ser deduzida por meio da concentração do nutriente nos tecidos e da produção de matéria seca. Nesta experiência, como não ocorreram diferenças significativas entre a biomassa produzida e a concentração de azoto nos tecidos, também não se registaram diferenças na exportação de azoto entre as diferentes densidades.

No cultivo da soja as plantas morreram com a chegada do Inverno antes de terem terminado o seu ciclo vegetativo. Este é o grande resultado deste ensaio, porque nesta região o Inverno é muito frio (chegando a temperaturas negativas) e a cultura da soja é sensível as baixas temperaturas. Nesta fase o frio impede as plantas de soja de crescerem. Como o verão é curto as plantas não completaram o ciclo antes da chegada do inverno. O objetivo para este trabalho era atingir a produção de grão, mas com esta variedade de ciclo longo e o clima desta região tal não foi possível. Talvez com a antecipação da sementeira tivesse sido possível obter produção de grão. Segundo Garcia (1999), a seleção de uma variedade para uma determinada zona, além das condições de temperatura do solo e de fertilidade do terreno, será definida considerando a duração da estação de crescimento e do fotoperíodo que é função da região do globo. A soja é uma planta de dias curtos pelo que a sua floração não ocorre sem que um determinado fotoperíodo crítico seja atingido. Talvez em Bragança, durante o verão o dia tenha sido excessivamente longo e dificultado a indução da floração desta variedade de soja.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na cultura da colza mostraram que nas três colheitas feitas na fase vegetativa os tratamentos fertilizantes influenciaram de forma significativa a produção de biomassa em folhas, raízes e plantas. Seguindo a mesma tendência, a exportação em azoto nas folhas, raízes e plantas também foi tendencialmente maior nos tratamentos sujeitos a fertilização.

Os maiores valores de biomassa total produzida pelo grão e palha ocorreram com as doses de fertilizantes mais elevadas, tal como a quantidade de azoto exportado. Nas condições deste trabalho, a dose de 150 kg N/ha não resultou em vantagem na produção da cultura.

Os resultados confirmam todo o potencial da produção de grão da colza na primeira data de sementeira, ultrapassando 6000 kg ha⁻¹. A data de sementeira manifestou-se um indicador de extrema importância na produtividade desta cultura. No caso desta cultura, uma sementeira mais precoce favorece o desenvolvimento inicial e confere resistência ao frio.

Na cultura de girassol os resultados mostram que a cultivar com maior produtividade foi Kiara (Syngenta), ultrapassando 2880 kg ha⁻¹, seguida de Oleko e Fortini. De uma maneira geral a densidade 40 000 plantas/ha originou maiores produtividades que a densidade 60 000 plantas/ha, revelando-se mais adequada para cultivo em sequeiro. A densidade mais baixa resultou sempre em maior altura das plantas, maior diâmetro dos caules e maior diâmetro dos capítulos, o que se traduziu em maior produção.

A altura da planta, o diâmetro do caule e o diâmetro do capítulo, estiveram linearmente relacionadas com a produção de grão, independentemente das variedades híbridas utilizadas. A altura da planta apresentou, contudo, menor coeficiente de correlação com a produção.

Para a cultura da soja, as densidades ensaiadas não afetaram de forma significativa a produção, o teor de azoto nos tecidos e o azoto exportado. A duração do seu ciclo vegetativo torna esta cultura desadequada para a região de Bragança.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroconsultores e Coba (1991) - Carta dos solos, carta do uso atual da terra e carta da aptidão da terra do nordeste de Portugal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro: Vila Real, Portugal.
- Alves, J. S., Espindola, S., Lima, P., Cunha, A., & Junior, C. (2009) - Avaliação de diferentes variedades de soja quanto a resistência ao *Rotylenchulus reniformis* de soja. VIII Jornada Científica da FAZU, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. pp. 53-56.
- Amorim, E. P., Ramos, N. P., Ungaro, M. R. G., & Kiihl, T. A. (2008) - Correlações e análise de trilha em girassol. *Bragantia*, 67(2), 307-316.
- Anon. (s.d.) - Claves para el cultivo de la colza. Arlesa, Grupo Euralis, Espanha.
- Araújo, T. V. O., Lima, A. D., Marinho, A. B., de Lima Duarte, J. M., de Azevedo, B. M., & Costa, S. C. (2012) - Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. *Irriga*, 17(2), 126.
- Bandeira, T. P., Chavarria, G., & Tomm, G. O. (2013) - Desempenho agrônômico de canola em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(10), 1332-1341.
- Biscaro, G. A., Machado, J. R., Tosta, M. D. S., Mendonça, V., Soratto, R. P., & de Carvalho, L. A. (2008) - Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. *Ciência e Agrotecnologia*, 1366-1373.
- Borges, B. M. M. N., Lucas, F. T., Silva Junior, L. C., & Paes, J. M. V. (2009) - Efeitos no desenvolvimento da cultura do girassol com aumento da velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora. VIII Jornada Científica da FAZU, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. pp. 8-12.
- Braz, M. R. S., & Rossetto, C. A. V. (2010) - Acúmulo de nutrientes e rendimento de óleo em plantas de girassol influenciados pelo vigor dos aquênios e pela densidade de semeadura. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(1), 1193-1204.
- Bremner, J. M. (1996) - Nitrogen – Total. In: *Methods of Soil Analysis. Part 3- Chemical Methods. SSSA Book Series:5*. p 1085- 1121.

- Bruginski, D. H., & Pissaia, A. (2002) - Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: II morfologia da planta e partição de massa seca. *Scientia Agraria*, 3(1), 47-53.
- Cantarella, H., & Montezano, Z. (2010) - Nitrogênio e enxofre. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes. Piracicaba: IPNI-Brasil, 5-46.
- Carvalho, L. C., Ferreira, F. M., & Bueno, N. M. (2012) - Importância econômica e generalidades para o controle da lagarta falsa-medideira na cultura da soja. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia*, v.8, n.15; p.1 0 2 1.
- Castro, C. D., Castiglioni, V. B. R., Balla, A., Leite, R. M. V. B. C., Karam, D., Mello, H. C., Guedes, L. C. A., & Farias, F. R. B. (1996) - A cultura do girassol. Londrina: EMBRAPA-CNPS. Circular Técnica nº 13. 38p.
- Chavarria, G., Tomm, G. O., Muller, A., Mendonça, H. F., Mello, N., & Betto, M. S. (2011) - Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. *Ciência Rural*, 41(12), 2084-2089.
- CNFA, C. P., Gainza-Codespa, B. M., & Valdivia-Codespa, W. T. (s.d.) - Produção de Soja em Angola. Fundação Codespa.
- Cordeiro, D. S., Silveira, E. P., & Kichel, A. N. (1993) - Resposta da *Brassica napus* a doses e épocas de aplicação de nitrogênio. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 28(10), 1137-1142.
- Cox, W. J., & Jolliff, G. D. (1986) - Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agronomy Journal*, 78(2), 226-230.
- Del Re, F., & Minichiello, M. (s.d.) - Culturas arvenses. Italconsunt, 1.^a Serie, Roma, Italia.
- Durigan, J. C., Victoria Filho, R., Matuo, T., & Pitelli, R. A. (1983) - Períodos de matocompetição na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivares Santa Rosa e IAC-2. I-Efeitos sobre os parâmetros de produção. *Planta daninha*, 86-100.
- FAOSTAT. (2016) - <http://faostat3.fao.org/home/E>. Consultado em outubro de 20016.
- Farhatullah, F., & Khalil, I. H. (2006) - Path analysis of the coefficients of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *International journal of agriculture and biology*, 8(5), 621-625.

- Fehr, W. R., & Caviness, C. E. (1977) - Stages of soybean development. Iowa State University. Special report 80, March. 25-26p.
- Feitosa, A. G. D. S. (2014) - Modulação da fotossíntese e assimilação do nitrogênio por condições de elevado CO₂ atmosférico em plantas de soja. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias.
- Ferreira, I. A. D. Q. M. (2009) - Adaptação de cultivares de Inverno de colza às condições ecológicas de Trás-os-Montes. Tese de mestrado, Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária.
- Garcia, A. G. (1999) - Cultivos herbáceos extensivos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. Mexico. 6.^a edición. ISBN: 84-7114-797-1.
- Garcia, A., Pípolo, A. E., Lopes, I., & Portugal, F. A. F. (2007) - Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas. Embrapa Soja. Circular técnica.
- Gazzola, A., Ferreira Jr, C. T. G., Cunha, D. A., Bortolini, E., Paiao, G. D., Primiano, I. V., & Camara, G. (2012) - A cultura do girassol. Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- Hawkesford, M. J. (2012) - Improving Nutrient Use Efficiency in Crops. In: eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. <http://www.els.net>.
- Heiffig, L. S., Câmara, G. D. S., Marques, L. A., Pedroso, D. B., & Piedade, S. D. S. (2006) - Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. *Bragantia*, 65(2), 285-295.
- Hirakuri, M. H., & Lazzarotto, J. J. (2011) - Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina, PR: EMBRAPA.
- Hungria, M., Campo, R. J., & Mendes, I. D. C. (2001) - Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Embrapa Soja; Brasília, DF: Embrapa Cerrados.
- InvestAgro. (2012) - Canola, uma variação genética mundialmente apreciada. *Food ingredients Brasil*, 21: 28-34.
- Kaefer, J. E., Guimarães, V. F., Richart, A., Tomm, G. O., & Müller, A. L. (2014) - Produtividade de grãos e componentes de produção da canola de acordo com fontes e doses de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49, 273-280.

- Krüger, C. A. M. B., da Silva, J. A. G., Medeiros, S. L. P., Dalmago, G. A., Sartori, C. O., & Schiavo, J. (2012) - Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(11), 1448-1453.
- Lauriane, A. D. A., de Lima, G. S., Chaves, L. H., Xavier, D. A., Fernandes, P. D., & Gheyi, H. R. (2015) - Fitomassa e produção do girassol cultivado sob diferentes níveis de reposição hídrica e adubação potássica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(4), 336-342.
- Linhares, A. C. M. (2013) - Desempenho do girassol adubado com casca de amendoim e fertilizante químico em regime de sequeiro no semiárido paraibano (Monografia de licenciatura, Universidade Estadual da Paraíba, Campos IV, Centro de Ciências Humanas e Agrárias).
- Lira, M. A., Carvalho, H. W. L., Chagas, M. C. M., Dantas, J. A., Bristot, G., & Lima, J. M. P. (2011) - Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino. Natal-RN: EMPARN.
- Lobo, T. F. (2006) - Níveis de lodo de esgoto no desenvolvimento, nutrição e produtividade da cultura do girassol (Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu).
- Mendham, N.J., & Salisbury, P.A. (1995) - Physiology: crop development, growth and yield. pp. 11-64. In: Kimber, D.; McGregor, D. I. (eds.). *Brassica oilseeds. Production and utilization*. Cab international, Wallingford, UK.
- Missão, M. R. (2006) - Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. *Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais*, Maringá, 3: 7-15.
- Mori, C., Tomm, G. O., & Ferreira, P. E. P. (2014) - Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil. *Embrapa Trigo*, Passo Fundo, 36.
- Nepomuceno, A. L. (1989) - Efeito do arranjo de plantas de girassol no controle de ervas daninhas e nas características de planta associadas à colheita. UFRGS.

- Nepomuceno, A. L., & ferreira da Silva, P. R. (1992) - Efeito do arranjo de plantas e da presença de ervas daninhas nas características de plantas associadas à colheita de girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27(7), 1057-1063.
- Ordoñez, A. A., & Company, M. L. (1990) - El cultivo del girassol. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Patil, L. C. (2011) - Correlation and path analysis in sunflower populations. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 2 (3), 442-447.
- Picini, A. G. (1998) - Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a partir do monitoramento da disponibilidade hídrica do solo (Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo.).
- Pouzet, A. (1995) - Agronomy. In: Kimber, D. & McGregor, D.I. (Eds.) *Brassica oil-seeds. Production and utilization*. Cab international, Wallingford, UK, pp. 65-64.
- Rodrigues, M. A. (1992) - Sementeiras antecipadas na cultura do girassol (Trabalho de fim de curso, Instituto Superior de Agronomia).
- Rodrigues, M. A., Ferreira, I. Q., Arrobas, M., & Almeida, A. (2013) - A colza pode dinamizar o setor arvense de sequeiro. *Vida Rural*, 34-36.
- Rodrigues, M. Â., Ferreira, I., & Arrobas, M. (2010) - Ensaio com cultivares de colza de inverno, doses de azoto e profundidades de sementeira em Trás-os-Montes. *Revista de Ciências Agrárias*, 33(2), 27-39.
- Ruwer, P. H., Carvalho, I. R., Nardino, M., Nicolau, D., De Souza, V. Q., & Caron, B. O. (s.d.) - Produtividade e teor de óleo em canola submetida a diferentes doses de nitrogênio.
- Santos, V. C., Ezequiel, J. M. B., Pinheiro, R. S. B., Barbosa, J. C., & Galati, R. L. (2009) - Características de carcaça de cordeiros alimentados com grãos e subprodutos da canola-DOI: 10.4025/actascianimsci. v31i4. 6946. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31(4), 389-395.
- Schmidt, E. (1985) - Efeito de densidade e do arranjo de plantas no rendimento de aquênios e óleo, e em outras características agronômicas do girassol. Porto Alegre: Fac. Agronomia, UFRGS. 97p. Dissertação de Mestrado Agronomia-Fitotecnia.

- Schneiter, A. A., & Miller, J. F. (1981) - Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21(6), 901-903.
- Schöffel, E. R., & Volpe, C. A. (2002) - Contribuição relativa da temperatura do ar no desenvolvimento de três cultivares de soja. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, 10(1), 97-104.
- Shanmugasundaran, S., & Tsou, S. (1978) - Photoperiod and critical duration for flower induction in soybean. *Crop Science*, 18(4), 598-601.
- Sheaffer, C. C., McNemar, J. H., & Clark, N. A. (1977) - Potential of sunflowers for silage in double-cropping systems following small grains. *Agronomy Journal*, 69(4), 543-546.
- Silva, A. G., Pires, R., de Morães, E. B., de Oliveira, A. C. B., & de Carvalho, C. G. P. (2009) - Desempenho de híbridos de girassol em espaçamentos reduzidos. *Semina: Ciências Agrárias*, 30(1), 31-38.
- Silva, L. S. (2012) - Seleção de variedades de soja em função da densidade de plantio, na microrregião de chapadinha, nordeste maranhense. *Agropecuária científica no semiárido*, 7(2), 07-14.
- Silva, P. R. F., & Nepomuceno, A. L. (1991) - Efeito do arranjo de plantas no rendimento de grãos, componentes do rendimento, teor de óleo e no controle de plantas daninhas em girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 26(9), 1503-1508.
- Silva, P. R. F., & Rizzardi, M. A. (1993) - Resposta de cultivares de girassol à densidade de plantas em duas épocas de semeadura. II. Características associadas à colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 28(6), 689-700.
- Siqueira, T. V. D. (2004) - O ciclo da soja: desempenho da cultura da soja entre 1961 e 2003. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, (20), 127-222.
- Souza, F. R., da Silva, I. M., Pellin, D. M. P., Bergamin, A. C., & da Silva, R. P. (2014) - Características agronômicas do cultivo de girassol consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. *Revista Ciência Agronômica*, 46(1), 110-116.
- Tomm, G. O., Garrafa, M., Benetti, V., Wolbolt, A. A., & Figer, E. (2004) - Efeito de épocas de semeadura sobre o desempenho de genótipos de canola em Três de Maio, RS. *Embrapa Trigo. Circular Técnica Online*.

- Tourino, M. C. C., Rezende, P. D., & Salvador, N. (2002) - Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(8), 1071-1077.
- Venturi, G., & Amaducci, M. T. (1988) - *La soja*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. ISBN: 84-7114-187-6.
- Watanabe, R. T., Fioretto, R. A., Fonseca, I. D., Seifert, A. L., Santiago, D. C., Creste, J. E., & Cucolotto, M. (2005) - Produtividade da cultura de soja em função da densidade populacional e da percentagem de cátions (Ca, Mg e K) no complexo sortivo do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, 26(04), 477-484.
- WRB. (2014) World reference base for soil resources. World soil resources reports n° 106. FAO. Rome. Italy
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., Konzak, C. F. (1974) - A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.