

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CAMILA FERREIRA

CULTIVARES DE CEVADA SEMEADAS EM ESPAÇAMENTOS SIMPLES E
PAREADO COMBINADOS COM DOSES DE ADUBO E DENSIDADES DE
SEMEADURA

PONTA GROSSA
2015

CAMILA FERREIRA

CULTIVARES DE CEVADA SEMEADAS EM ESPAÇAMENTOS SIMPLES E
PAREADO COMBINADOS COM DOSES DE ADUBO E DENSIDADES DE
SEMEADURA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Doutorado – da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Área de concentração: Agricultura. Linha de Pesquisa: Fisiologia, Melhoramento e Manejo de Culturas.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Zagonel

PONTA GROSSA
2015

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

Ferreira, Camila

F383 Cultivares de cevada semeadas em
espaçamentos simples e pareado combinados
com doses de adubo e densidades de
semeadura/ Camila Ferreira. Ponta Grossa,
2015.
70f.

Tese (Doutorado em Agronomia - Área de
Concentração: Agricultura), Universidade
Estadual de Ponta Grossa.
Orientador: Prof. Dr. Jeferson Zagonel.

1.Hordeum vulgare L. 2.Arranjo espacial
de plantas. 3.Adubação na semeadura.
4.Populações de plantas. I.Zagonel,
Jeferson. II. Universidade Estadual de
Ponta Grossa. Doutorado em Agronomia. III.
T.

CDD: 633.1



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

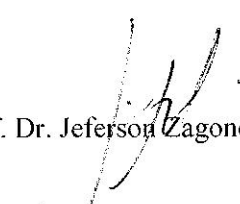
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

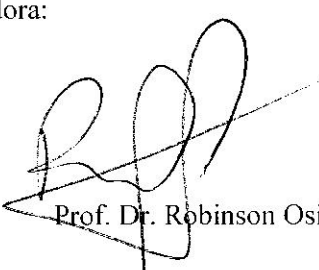
Título da Tese: **“Cultivares de cevada semeadas em espaçamentos simples e pareado combinados com doses de adubo e densidades de semeadura”.**

Nome: Camila Ferreira

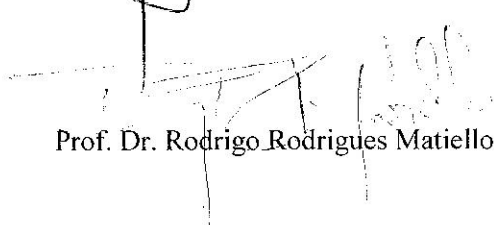
Orientador: Jeferson Zagonel

Aprovado pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. Jeferson Zagonel


Prof. Dr. Robinson Osipe


Prof. Dr. Luiz Alberto Kozlowski


Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello


Prof. Dr. Eduardo Fávero Caires

Data da Realização: 26 de novembro de 2015.

DEDICATÓRIA

*A Deus,
meu amparo e refúgio.*

*À minha família,
sem o apoio de vocês seria impossível.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas bênçãos recebidas todos os dias. Por me iluminar e dar forças durante a caminhada do doutorado.

Aos meus pais, José de Paula e Maria Zeneide, por me apoiar em todos os momentos, e a minha irmã, Mariana, por sempre estar pronta para dar os mais sinceros conselhos. Além disso, agradeço-os pelas ajudas prestadas durante as avaliações a campo. Sou grata também ao meu noivo, Luiz Cezar, por sempre me apoiar e entender os momentos que não pude estar presente devido aos compromissos com os estudos.

Ao Prof. Dr. Jeferson Zagonel, por estar sempre disposto a transmitir os mais valiosos ensinamentos. Sinto-me honrada em ser sua primeira orientada à nível de doutorado. Além disso, terei sempre orgulho em dizer que fui sua orientada durante o mestrado e o doutorado.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, aos professores e funcionários da Fazenda Escola pela ajuda prestada durante a condução dos experimentos.

Aos alunos de pós-graduação do Prof. Dr. Jeferson Zagonel, Marina Senger e Allan Christian de Souza, e a todos os estagiários pela contribuição dada ao trabalho.

À Fundação Araucária por conceder a bolsa de doutorado.

À Cooperativa Agrária Agroindustrial pela doação das sementes de cevada.

À empresa Protecta Sementes por conceder sua estrutura para a realização da análise de capacidade germinativa.

Por fim, sou grata a todas as pessoas que ajudaram na realização e conclusão desse trabalho.

RESUMO

O arranjo de plantas em espaçamento pareado vem sendo utilizado em algumas cultivares de cevada com bons resultados de produtividade. No entanto, esse espaçamento ainda apresenta resultados divergentes entre os trabalhos já realizados. Além disso, é necessária a readequação da dose de fertilizante e da população de planta a serem utilizadas no espaçamento pareado, em comparação ao espaçamento simples. O objetivo do trabalho foi avaliar doses de fertilizante na semeadura e populações de plantas no espaçamento pareado em comparação com o simples na cultura da cevada. Nesse sentido, foram instalados dois experimentos, diferindo-os pelo cultivar, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, no ano de 2013, com repetição no ano de 2014. O delineamento experimental adotado nos dois anos foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subsubdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de parcelas com dois arranjos espaciais de plantas (espaçamento simples e pareado), de subparcelas com duas doses de fertilizante aplicado na semeadura (100 e 150 kg ha⁻¹) e de subsubparcelas com quatro populações de plantas (270, 360, 450 e 540 sementes m⁻²). Os tratamentos foram aplicados em dois cultivares de cevada, BRS-Cauê e BRS-Elis. Com os resultados obtidos evidencia-se que o espaçamento pareado não apresenta resultados positivos consolidados na cultura da cevada, uma vez que o espaçamento simples produziu mais que o pareado. A maior dose de fertilizante aplicada na semeadura deve ser adotada independentemente do arranjo espacial utilizado, pois a mesma resultou em maior produtividade em um dos cultivares nos dois anos de pesquisa. A densidade de semeadura recomendada para a cultura da cevada (250 a 300 plantas m⁻²) deve ser mantida independentemente do arranjo espacial adotado, uma vez que a elevação da densidade não proporcionou resultados positivos que justificasse sua adoção.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare* L. Arranjo espacial de plantas. Adubação na semeadura. Populações de plantas.

ABSTRACT

The arrangement of plants in paired spacing has been used in some cultivars of barley with good yield results. However, this still presents divergent results spacing between the work already carried out. In addition, it is necessary to adjust the rate of fertilizer and plant population to be used in paired spacing, as compared to simple spacing. The objective of this work was to evaluate rates of fertilizer at seeding and populations of plants in paired spacing in comparison with the simple in crop of barley. In this sense, two experiments were installed, differing them by cultivating, in farm school of the Universidade Estadual de Ponta Grossa, in the municipality of Ponta Grossa, PR, in the year 2013, with repetition in the year 2014. The experimental design adopted in two years was randomized in main plots plots scheme, with four replicates. The treatments consisted of plots with two spatial arrangements of plants (simple and paired spacing), subplots with two doses of fertilizer applied at seeding (100 and 150 kg ha⁻¹) and subsubparcelas with four plant populations (270, 360, 540 and 450 seeds m⁻²). The treatments were applied in two barley cultivars, BRS-Cauê and BRS-Elis. With the results obtained shows that the paired spacing does not present positive results consolidated in crop of barley, once the simple spacing produced more than the paired. The largest rate of fertilizer applied at seeding should be adopted regardless of the spatial arrangement is used, because it resulted in higher yield in one of the cultivars in the two years of research. The recommended seeding density for the crop of barley (250 to 300 plants m⁻²) should be kept regardless of the spatial arrangement adopted, since the elevation of density not provided positive results that justify their adoption.

Keywords: *Hordeum vulgare* L. Spatial arrangement of plants. Fertilizer at sowing. Plant populations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Temperaturas máximas e mínimas e precipitações ocorridas durante a condução dos experimentos. Ponta Grossa – PR, 2013....	27
Figura 2 -	Temperaturas máximas e mínimas e precipitações ocorridas durante a condução dos experimentos. Ponta Grossa – PR, 2014....	28
Figura 3 -	Ilustrações dos arranjos espaciais (a) simplese (b) pareado.....	30
Figura 4 -	Diâmetro do colmo (DCO) em função de densidades de semeadura, cultivar BRS-Elis. Ponta Grossa, 2013.....	38
Figura 5 -	Diâmetro do colmo (DCO) em função de densidades de semeadura, cultivar BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2013.....	38
Figura 6 -	Número de folhas por planta (NFP) da cultivar de cevada BRS-Elis em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.....	42
Figura 7 -	Índice de colheita aparente (ICA) da cultivar de cevada BRS-Elis em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.....	49
Figura 8 -	Desdobramento da interação entre doses de fertilizante na semeadura e densidades de semeadura para número de espigas por metro quadrado (ESP) da cultivar de cevada BRS-Elis. Ponta Grossa, 2014.	54
Figura 9 -	Número de espigas por metro quadrado (ESP) da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.....	55
Figura 10 -	Desdobramento da interação entre espaçamentos entre fileiras e densidades de semeadura para número de grãos por metro quadrado (GRM) da cultivar de cevada BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2014.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Atributos químicos e físicos do solo. Ponta Grossa - PR, 2013 e 2014.....	28
Tabela 2 -	Número de perfilhos por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	35
Tabela 3 -	Número de perfilhos por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	36
Tabela 4 -	Diâmetro do colmo das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	37
Tabela 5 -	Diâmetro do colmo das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.....	37
Tabela 6 -	Estatura das plantas das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	39
Tabela 7 -	Estatura das plantas das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	40
Tabela 8 -	Número de folhas por planta (NFP) das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	41
Tabela 9 -	Número de folhas por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	41
Tabela 10 -	Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Elis em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013.....	44

Tabela 11 -	Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Elis em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013.....	44
Tabela 12 -	Largura (LFB) e comprimento da folha bandeira (CFB), largura (LF1) e comprimento da folha bandeira-1 (CF1), largura (LF2) e comprimento da folha bandeira-2 (CF2) da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013.....	44
Tabela 13 -	Largura (LFB) e comprimento da folha bandeira (CFB), largura (LF1) e comprimento da folha bandeira-1 (CF1), largura (LF2) e comprimento da folha bandeira-2 (CF2) da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013.....	45
Tabela 14 -	Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Elis em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2014.....	45
Tabela 15 -	Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Elis em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.....	45
Tabela 16 -	Largura (LFB) e comprimento da folha bandeira (CFB), largura (LF1) e comprimento da folha bandeira-1 (CF1), largura (LF2) e comprimento da folha bandeira-2 (CF2) da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2014.....	46
Tabela 17 -	Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.....	46
Tabela 18 -	Área foliar por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	47
Tabela 19 -	Área foliar por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	47

Tabela 20 - Índice de colheita aparente das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	49
Tabela 21 - Índice de colheita aparente das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	49
Tabela 22 - Número de espigas por metro quadrado das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013.....	52
Tabela 23 - Número de grãos por metro quadrado das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	53
Tabela 24 - Número de espigas por metro quadrado das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	53
Tabela 25 - Número de grãos por metro quadrado das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	53
Tabela 26 - Número de espigas por metro quadrado da cultivar de cevada BRS-Elis em função de espaçamentos entre fileiras. Ponta Grossa, 2014.....	53
Tabela 27 - Desdobramento da interação entre espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura para número de espigas por metro quadrado da cultivar de cevada BRS-Cauê, Ponta Grossa, 2014.....	54
Tabela 28 - Desdobramento da interação entre espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura para número de grãos por metro quadrado da cultivar de cevada BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2014.....	54
Tabela 29 - Massa de mil grãos das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	57
Tabela 30 - Massa de mil grãos das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	58

Tabela 31 - Produtividade das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	58
Tabela 32 - Produtividade das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014..	58
Tabela 33 - Porcentagem de proteína bruta dos grãos das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	60
Tabela 34 - Capacidade germinativa dos grãos das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	CEVADA.....	16
3.1.1	Taxonomia.....	16
3.1.2	Origem.....	16
3.1.3	Características morfológicas.....	17
3.1.4	Produção.....	18
3.1.5	Formas de consumo.....	20
3.2	QUALIDADE INDUSTRIAL DA CEVADA PARA PRODUÇÃO DO MALTE.....	20
3.3	MANEJO DA CULTURA DA CEVADA.....	21
3.3.1	Arranjos espaciais de plantas.....	22
3.3.2	Densidades de semeadura.....	23
3.3.3	Adubação na semeadura.....	24
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1	LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	27
4.1.1	Caracterização do clima e solo.....	27
4.2	DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES.....	28
4.1.1	BRS-Cauê.....	28
4.1.1	BRS-Elis.....	29
4.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	30
4.4	TRATAMENTOS.....	30
4.5	TRATOS CULTURAIS.....	31
4.6	AVALIAÇÕES.....	32
4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS PLANTAS.....	34
5.1.1	Número de perfilhos por planta.....	34
5.1.2	Diâmetro do colmo.....	36
5.1.3	Estatuta de plantas.....	38
5.1.4	Número de folhas verdes por planta.....	40
5.1.5	Largura e comprimento da folha bandeira, folha bandeira-1 e folha bandeira-2.....	42
5.1.6	Área foliar por planta.....	46
5.1.7	Índice de colheita aparente.....	48
5.2	COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE.....	49
5.2.1	Número de espigas e de grãos por metro quadrado.....	50
5.2.2	Massa de mil grãos e produtividade.....	55

5.3	CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DOS GRÃOS.....	58
5.3.1	Teor de proteína bruta.....	59
5.3.2	Capacidade germinativa.....	60
6	CONCLUSÃO.....	62
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O uso mais conhecido da cevada (*Hordeum vulgare* L.) é a produção de malte, mas ela também é utilizada na alimentação humana e animal. No Brasil sua produção se dá principalmente na região Sul, devido às condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento (AGOSTINETTO, 2011).

O consumo nacional médio anual de malte originário dos grãos de cevada é de 1,2 milhões de toneladas, sendo que em média menos de um quarto dessa demanda interna é suprida pela produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2015). Portanto, há um mercado potencial para que haja aumento da oferta do produto por parte dos produtores brasileiros. Assim, a adoção de tecnologias que possam incrementar a produtividade de grãos com baixo investimento econômico e que aumentem a eficiência dos recursos aplicados nas lavouras são desejáveis. Dessa forma, pesquisas envolvendo, por exemplo, arranjo espacial de plantas, são importantes devido a seus reflexos na produtividade de grãos.

O arranjo de plantas pode ser modificado pela variação da densidade de plantas, pelo espaçamento entre fileiras e entre as plantas dentro da fileira. A semeadura da cevada em arranjo espacial com espaçamento simples consiste do espaçamento entre fileiras de 0,17 m com estabelecimento de população entre 250 a 300 plantas por metro quadrado. Já a semeadura no arranjo espacial pareado consiste do espaçamento entre fileiras de 0,17 x 0,34 m, ou seja, uma linha não semeada entre duas semeadas. Essa opção de arranjo espacial, de acordo com Minella e Lunardi (2009), proporciona o espessamento do colmo e, conseqüentemente as plantas tornam-se mais resistentes ao acamamento, o qual ocorre de maneira recorrente em lavouras de cevada. Além disso, a maior disponibilidade de radiação luminosa na parte da cultura mais perto da superfície do solo, devido a não semeadura de uma fileira a cada duas semeadas pode aumentar a massa de grãos, pois oferece melhores condições para realização de fotossíntese pelas folhas inferiores, tanto do colmo principal como dos perfilhos férteis (TEIXEIRA; RODRIGUES; WOLF, 2003). Bonato et al. (2012) observaram que os teores de clorofila nas folhas de trigo se elevaram de acordo com o aumento do espaçamento entre fileiras, e associaram essa característica a maior incidência de

luz na cultura, sendo assim, maior produção de fotoassimilados, com ganhos na produção de grãos.

Ao se modificar o arranjo espacial de plantas de uma cultura, a densidade de semeadura e a dose de fertilizante devem ser readequadas. Pois, de acordo com Viega et al. (2001), o aumento da produtividade da cevada está diretamente relacionada com o manejo da adubação a base de fertilizantes e da população de plantas, os quais determinam o número de espigas e de grãos por área.

Em vista da importância de se aumentar a produtividade da cultura da cevada, devido ao mercado nacional favorável, há necessidade de pesquisas sobre fatores que podem potencialmente levar ao melhor aproveitamento das condições do ambiente pelas plantas, com reflexos na produtividade de grãos. O arranjo espacial com fileiras pareadas vem sendo utilizado na cultura da cevada, porém com resultados divergentes, além de a cultura ser implantada nesse espaçamento sem a definição da dose de fertilizante aplicada na semeadura e da densidade de plantas adequada para esse modo de espaçamento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar densidades de semeadura e doses de fertilizantes no espaçamento pareado em comparação com o simples e sua influência no desenvolvimento das plantas, componentes de rendimento, produtividade e qualidade dos grãos de duas cultivares de cevada em dois anos de cultivo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

No arranjo espacial pareado verificar a possibilidade de redução da dose de fertilizante na semeadura, com a aplicação da dose recomendada para o espaçamento simples e de $2/3$ dessa dose.

Determinar no espaçamento pareado a população de plantas mais adequada em comparação com a recomendada para o espaçamento simples.

Averiguar como no espaçamento pareado as populações de plantas e as doses de fertilizantes afetam a qualidade dos grãos de duas cultivares de cevada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CEVADA

3.1.1 Taxonomia

A cevada pertence ao reino *Plantae*, divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, ordem *Poales*, família *Poaceae*, gênero *Hordeum*, sendo a forma cultivada pertencente à espécie *H. vulgare* (MINELLA, 2013).

A espécie de cevada cultivada, *H. vulgare*, apresenta as subespécies: *Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* e *Hordeum vulgare* ssp. *distichum* (cevadas hexásticas e dísticas, respectivamente), *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* (cevadas de inverno e de primavera) (MINELLA, 2003).

De acordo com a posição da espiguetas, a *Hordeum vulgare* ssp. *distichum* na maturação se distinguem os tipos *erectum* e *nutans*. No primeiro, a espiga madura se mantém ereta, enquanto no segundo ela se dobra totalmente para baixo (MINELLA, 2013).

3.1.2 Origem

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é o cereal mais antigo cultivado no mundo, sendo uma das primeiras plantas domesticadas para a alimentação humana (BORÉM, 1999). Restos arqueológicos de grãos foram encontrados na região do Crescente Fértil (Oriente Médio), indicando que a cultura foi domesticada há 8.000 anos a.C. (ZOHARY; HOPF, 2001).

A cevada está entre as espécies mais estudadas sob aspectos históricos, a partir dos quais fica evidente sua importância para as diferentes civilizações em que foi cultivada na forma domesticada (ZOHARY; HOPF, 2001).

Estudos sobre a evolução de plantas apresentam duas teorias sobre a origem deste cereal. A primeira delas sustenta que a cevada de seis fileiras deriva de uma espécie silvestre de duas fileiras. A segunda teoria defende que o ancestral

da cevada de seis fileiras já existia previamente (CANDOLLE, 1959). Atualmente existe o consenso de que a espécie *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* é a ancestral imediata de todas as cevadas cultivadas (BOTHMER; JACOBSEN, 1998). Essa espécie é diploide ($2n = 14$), preferencialmente autógama, hermafrodita e apresenta cleistogamia (REID; WIEBE, 1979).

3.1.3 Características morfológicas

A cevada é uma planta herbácea, de ciclo anual, que pode alcançar entre 60 e 110 centímetros de estatura. Seu sistema radicular é fasciculado e pode atingir 1 metro de comprimento. O colmo é cilíndrico, separado por 5 a 7 entrenós, nos quais nascem as folhas, que são alternas, longas e estreitas. A lígula, e especialmente a aurícula, permitem diferenciar a cevada de outros cereais porque são glabras e podem estar pigmentadas por antocianinas (WETZEL; FERREIRA, 2007).

As cevadas podem ser dústicas ou hexásticas, ou seja, diferem quanto ao número de fileiras nas quais os grãos se dispõem ao longo da espiga, duas ou seis fileiras, respectivamente. Nas dústicas, apenas a fileira central de espiguetas é fértil, o que faz com que os grãos se disponham de forma simétrica e apresentem maiores dimensões, contendo maior teor de amido, casca fina e menor teor de proteína, sendo por isso a preferida para o processo de maltagem. As hexásticas possuem três fileiras de espiguetas que produzem grãos, sendo que nessas, os grãos não se dispõem de forma simétrica. Por isso, este tipo de cevada produz grãos menores, com maior poder enzimático e maior concentração de proteínas, mas com menor quantidade de amido (MINELLA, 2013).

As espécies de primavera são todas dústicas. De inverno há cevadas hexásticas e dústicas, sendo essas espécies de qualidade inferior para o processo de maltagem. As cultivares de cevada destinadas à produção de forragem geralmente são hexásticas, com folhas mais largas e compridas, produzindo desta forma, maior volume de massa verde do que as cultivares de cevada cervejeira (EBLINGER; NARZIB, 2012).

A semente de cevada apresenta forma alongada, com tegumento resistente, com função de proteger de ataques de microrganismos e insetos. O

tegumento apresenta fibras alimentares, além de vitaminas do complexo B, minerais e antioxidantes em sua composição (SILVA et al., 2007). A cevada difere de outros cereais devido ao fato da fibra estar distribuída na semente inteira e não apenas na camada externa (YALÇIN et al., 2007).

Além do tegumento, o grão de cevada contém ainda três camadas subsequentes, o pericarpo, a testa e a camada de aleurona, sendo esta última de grande importância para a produção de cerveja, uma vez que é nela que ocorre a formação das enzimas α -amilase, β -glucanases, β -amilases, as quais são necessárias para a sacarificação do amido e, mais tarde, para a sua transformação em álcool durante o processo de fermentação (POPINIGIS, 1985).

3.1.4 Produção

A produção mundial de cevada na safra 2014/2015 foi de 140,79 milhões de toneladas, em uma área plantada de 49,85 milhões de hectares. A estimativa de produção mundial para a safra 2015/2016 é de 139,41 milhões de toneladas em uma área plantada de 49,75 milhões de hectares. Os maiores produtores são a Rússia, a Austrália e a Ucrânia (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2015), cujas condições climáticas são mais estáveis para o cultivo.

Estima-se que 65,8% da produção mundial de cevada se destinam à alimentação animal, 18,9% ao processamento industrial, 6,9% à reserva de sementes, 4,7% à alimentação humana direta e 0,4% a outros usos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2014).

No Brasil, a cevada é cultivada em escala comercial exclusivamente para fabricação de malte, principal matéria prima da indústria cervejeira. A expansão desta cultura no País é relativamente recente e deve-se, em grande parte, às iniciativas da indústria cervejeira, que fomentou a produção para garantir a oferta do produto, e também devido ao encarecimento do malte importado na década de 1970 (MORI; MINELLA, 2012).

Devido às condições climáticas favoráveis à produção de grãos com qualidade cervejeira, o cultivo se concentra na região Sul do Brasil. Em 2014, a produção nacional do grão foi de 305,4 mil toneladas em uma área plantada de

117,2 mil hectares. A estimativa de produção para a safra 2015 é de 349,2 mil toneladas, em uma área de 103,7 mil hectares, o que indica aumento na produtividade, uma vez que houve redução de 11,5% na área plantada entre 2014 e 2015 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2015).

O Estado do Paraná é o maior produtor nacional de cevada, respondendo por 59% da produção brasileira. A estimativa de área plantada para 2015 com o cereal no Paraná é de 51,4 mil hectares, mas a expectativa é de que a área cultivada duplique até o ano de 2018. Esse aumento na área de plantio é devido à expansão da produção de malte, à instalação das fábricas da Companhia de Bebidas das Américas (AmBev) e do Grupo Petrópolis no Estado e ao aumento no número de microcervejarias artesanais. É esperado que o Paraná colha 206,3 mil toneladas de cevada em 2015, 9,3% acima do registrado na safra passada, que foi de 188,7 mil toneladas. A região de Guarapuava concentra a maior parte da produção, com estimativa de colher 153 mil toneladas em uma área de 33 mil hectares. Porém, a maior expansão da cultura se concentra na região de Ponta Grossa, com avanço de 145% na área plantada na safra 2015, passando de 12,5 mil para 30,6 mil hectares, com produção para 2015 estimada em 45 mil toneladas, 178% a mais do que no ano de 2014 (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 2015).

A malteação, destino de 75% da produção estadual, é a principal aplicação econômica da cevada no Paraná, 18% são utilizados para a elaboração de rações e 7% são reservados para a multiplicação de sementes. A maior parte da cevada produzida no Paraná tem como destino a maltaria da Cooperativa Agrária Agroindustrial, situada em Guarapuava, a qual aumentará sua produção de 220 mil toneladas para 350 mil toneladas por ano até 2016 (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 2015).

O potencial de expansão do cultivo, tanto nacional quanto estadual, é alto, principalmente devido ao fato de o volume atual da produção de cevada não ser capaz de atender as necessidades da indústria cervejeira, sendo que o Brasil produz menos de 20% da demanda nacional do grão. A maior parte das importações para atender as indústrias cervejeiras é originada de países do MERCOSUL e da Europa (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2015).

3.1.5 Formas de consumo

A cevada é principalmente utilizada na produção de produtos maltados, de farinha ou flocos para a panificação, para a formulação de produtos dietéticos e na alimentação animal (ULLRICH, 2011).

Cerca de 90% da cevada produzida no Brasil é destinada para a malteação devido à tradição na fabricação da cerveja (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2014). A preservação da porcentagem de germinação dos grãos de cevada cervejeira na pós-colheita é essencial para o procedimento da maltagem, uma vez que o malte é produzido a partir da germinação artificial e posterior dessecação dos grãos de cevada (JACOBSEN et al., 2002).

A cevada também é preferida para a produção de malte por manter sua casca durante o processo de malteação, protegendo o embrião durante a germinação, permitindo dessa forma a completa modificação do endosperma do grão pela ação das enzimas hidrolíticas α -amilases, β -glucanases, β -amilases. Assim, a cevada cervejeira tem em sua composição características que possibilitam sua utilização preferencial para a produção de cerveja sendo essas: alto teor de amido e de enzimas, casca que proporciona proteção ao embrião, aroma e sabor característicos da cerveja (SAVIN; AGUINAGA, 2011). A cevada não pode ser utilizada na produção de cerveja antes de passar pelo processo de malteação, devido ao seu sistema enzimático não permitir a transformação direta do amido em açúcar para a ocorrência da fermentação (JACOBSEN et al., 2002).

Apesar dos vários benefícios associados ao consumo humano da cevada, a mesma ainda é pouco empregada na alimentação humana. A farinha de cevada não é muito utilizada em produtos de panificação por possuir menor volume e forte gosto residual, comparada com a farinha de trigo (SHARMA; GUJRAL, 2010).

3.2 QUALIDADE INDUSTRIAL DA CEVADA PARA PRODUÇÃO DO MALTE

De acordo com o estabelecido na Lei de Pureza da Cerveja– “The Reinheitsgebot”, de 1516, os únicos elementos permitidos para a fabricação de cerveja eram o malte de cevada, o lúpulo e a água (PALMER, 2006).

Atualmente outros elementos podem ser usados como matéria-prima em substituição parcial do malte na produção de cerveja (VENTURINI FILHO, 2000), a fim de reduzir os custos de produção. Os mais utilizados são o milho, o arroz e o açúcar de cana. Entretanto, essa adição não ocorre com cervejas do tipo Super Premium, intituladas cervejas puro malte, justificando a importância do processo de malteação de grãos de cevada (KUNZE, 2004).

Conforme estabelecido na portaria 691/96 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1996), para ser comercializada para malte, a cevada deve atender aos seguintes padrões de qualidade: mínimo de 95% de poder germinativo; máximo de 12% de proteínas; máximo de 13% de umidade; 95% de pureza varietal; máximo de 3% de matérias estranhas e impurezas e no máximo 5% de grãos avariados.

A cevada é transformada em malte através do processo de maltagem, que consiste na germinação do cereal sob condições de temperatura, umidade e aeração controladas (VENTURINI FILHO, 2005), a fim de se produzir enzimas apropriadas para a hidrólise de amido e outros polissacarídeos, interrompendo o processo através de secagem do grão (VENTURINI FILHO, 2000). Devido a esse processo, o grão de cevada deve apresentar alta capacidade germinativa.

Além da elevada porcentagem de germinação, o grão de cevada deve apresentar baixo teor de proteína, já que o excesso resulta em menor teor de amido e, conseqüentemente, de carboidratos fermentescíveis, aumentando o tempo de maltagem. Além disso, o excesso de proteínas no grão aumenta a quantidade de proteínas solúveis no malte, resultando em cerveja de baixa estabilidade de espuma (FLORIANI, 2002).

3.3 MANEJO DA CULTURA DA CEVADA

O potencial de produção de uma cultura é definido em função das condições climáticas favoráveis, da cultivar utilizada, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo empregadas (ZAGONEL; VENÂNCIO; KUNZ, 2002).

A cevada é uma cultura de inverno que se desenvolve e produz a contento quando as condições climáticas decorrem dentro dos padrões típicos da

estação, com elevado número de horas com baixas temperaturas e maior disponibilidade hídrica principalmente nas fases de emborrachamento e espigamento (MINELLA, 2003).

Caeirão, Minella e Antuniazzi (2006) afirmam que entre as principais técnicas empregadas para superar problemas de cultivo está a adequação da densidade de semeadura de acordo com a cultivar, reduzindo o risco de acamamento e otimizando o potencial produtivo da lavoura. Esse manejo integra também a adoção de determinadas práticas, como espaçamento entre fileiras e adequado nível de fertilidade do solo (RODRIGES; VARGAS, 2002).

3.3.1 Arranjos espaciais de plantas

A escolha do arranjo de plantas ideal para a cultura é uma das práticas de manejo que afeta diretamente a interceptação da radiação solar, um dos principais fatores determinantes da produtividade (SANGOI et al., 2011). Assim sendo, o ajuste no arranjo espacial de plantas no campo através da mudança do espaçamento entre fileiras ou das plantas dentro da fileira representa uma técnica que pode maximizar a produção e, conseqüentemente, a produtividade.

A mudança do arranjo espacial de plantas, por meio do espaçamento entre fileiras e/ou entre plantas, é uma alternativa para atingir maior uniformidade de maturação e aumento na produção de grãos das culturas. Essa técnica de manejo pode modificar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas, alterando as características do ambiente no dossel, através da mudança no microclima e também modificando as práticas agrônômicas devido a mudanças que podem ocorrer no manejo de plantas daninhas e doenças (STRIEDER et al., 2008). O espaçamento ideal de uma cultura depende da disponibilidade de água no solo, da fertilidade do solo e da produtividade esperada (COLLINS et al., 2006).

O espaçamento simples é o arranjo de plantas utilizado no sistema de semeadura convencional, onde todas as fileiras possuem o mesmo espaçamento entre si. O espaçamento recomendado para a cultura da cevada é de 0,12 a 0,17 m entre fileiras, sendo mais utilizado o de 0,17 m (MINELLA, 2013).

A adoção do cultivo em fileiras pareadas é uma modificação no arranjo espacial de plantas. Neste arranjo, a cada duas fileiras com espaçamento de

0,17 m deixa-se um espaçamento de 0,34 m, o que pode ser útil para melhorar o aproveitamento dos recursos do meio, como melhor interceptação da radiação solar, maior arejamento entre fileiras, podendo assim reduzir a incidência de doenças e aumentar a produtividade (MOHLER, 2001).

De acordo com Teixeira e Rodrigues (2003), o espaçamento pareado na cultura da cevada causa redução da estatura de plantas e aumento da produtividade de grãos. No entanto, os autores não averiguaram a resposta em diferentes densidades e doses de fertilizantes na semeadura. Senger (2013) estudando os arranjos simples e pareado no cultivo de duas cultivares de cevada, observou aumento de produtividade no espaçamento pareado para uma das cultivares, sendo um indicativo que o espaçamento pareado resulta em maior produção de acordo com a cultivar utilizada.

A cevada possui capacidade de perfilhar, emitindo colmos viáveis de acordo com a densidade da cultura. Para o espaçamento simples, a recomendação de densidade adequada é de 250 a 300 plantas por metro quadrado (MINELLA, 2013). Já o espaçamento pareado, apesar de recomendado para algumas cultivares, ainda não é adotado rotineiramente, não havendo densidade definida a ser adotada.

Assim, como no sistema de espaçamento pareado adota-se a redução no número de fileiras na semeadura, é necessário fazer o ajuste da densidade de sementes na fileira. O ajuste na densidade de semeadura, juntamente com a modificação no espaçamento entre fileiras traz mudanças na absorção de nutrientes para a expressão do potencial máximo da cultura, uma vez que haverá alteração no arranjo de plantas, competindo por água, luz e nutrientes.

3.3.2 Densidades de semeadura

Nos últimos anos observou-se no Brasil redução da área utilizada para o cultivo de cevada. Em contrapartida, ocorreu aumento no volume de produção da cultura, em decorrência do aumento de produtividade (MORI, 2012). Isso se deve a maior utilização de tecnologias durante o cultivo, o qual é fomentado por empresas do setor de malte e intermediado por cooperativas, as quais fornecem os insumos e assistência técnica, melhorando dessa forma as técnicas de manejo da cultura (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2015).

A densidade de plantas emergidas e estabelecidas após a semeadura, por unidade de área, influencia diretamente a produtividade da cultura e, por essa razão os fatores ambientais são de extrema importância no início do desenvolvimento. As condições do meio onde as plantas se desenvolvem e o estabelecimento de um estande inicial adaptado a essas condições geram a maior expressão do potencial produtivo das cultivares (SCHIMITT; MINELLA; LUIZ, 2005).

De acordo com Minella (2013), a densidade de semeadura no cultivo de cevada deve ser ajustada visando o estabelecimento de uma população com 250 a 300 plantas por metro quadrado. Segundo o autor, além de a densidade de semeadura afetar o desenvolvimento de perfilhos na cultura da cevada, influencia no controle de plantas daninhas, uma vez que a população das plantas cultivadas geralmente é constante, ao passo que a população das plantas daninhas varia de acordo com a quantidade de sementes depositadas no banco do solo ou de acordo com o nível de infestação e as condições encontradas no local (GALON et al., 2011), assim o ajuste da densidade de semeadura influenciará na competição interespecífica no local, podendo dessa forma, acarretar em mudanças no manejo das plantas daninhas.

3.3.3 Adubação na semeadura

O aumento da produtividade na cultura da cevada está relacionado com a quantidade e a época de aplicação de fertilizantes, número de plantas por área e o número de grãos por metro quadrado, que é determinado pelo número de espigas e de grãos por espiga (VIEGA et al., 2001). Ressaltando que a cultura da cevada é altamente exigente em fertilidade do solo.

A eficiência da adubação nitrogenada depende das condições edáficas e meteorológicas, do estágio fenológico no momento da aplicação e das características da planta, tais como taxa da absorção, eficiência de utilização do nutriente e genótipo (WAMSER; MUNDSTOCK, 2007). Rattunde e Frey (1986) observaram que o nitrogênio está diretamente ligado ao acréscimo de proteína nos grãos. Para a cevada cervejeira o valor máximo de proteína aceitável é de 12%. Desta forma, as doses recomendadas de nitrogênio devem objetivar a máxima eficiência econômica, que é controlada pela qualidade que o grão deve obter.

A dose máxima de nitrogênio aplicada para a cultura é de 60 kg ha^{-1} , sendo 15 a 20 kg ha^{-1} aplicados na semeadura e o restante em cobertura (MINELLA, 2013). De acordo com pesquisa realizada por Peruzzo (2001), o aumento da dose total de nitrogênio até 90 kg ha^{-1} resulta em maior produtividade e não afeta o teor de proteína nos grãos. Para Fontoura e Moraes (2002), a adubação nitrogenada pode atingir até 100 kg ha^{-1} sem influenciar no aumento do teor de proteína nos grãos. Rodrigues et al. (2003), porém, relatam que a aplicação de doses elevadas de fertilizante nitrogenado pode acarretar em aumento na estatura das plantas e, conseqüentemente, do acamamento. Quando o acamamento ocorre na fase de enchimento de grãos, prejudica a translocação de fotoassimilados, acarretando em menor produtividade.

O fósforo age diretamente nas plantas estimulando o desenvolvimento do sistema radicular, propiciando às culturas condições de obter os demais nutrientes necessários para o seu desenvolvimento (MALAVOLTA, 2006), acarretando, dessa forma, em aumento de produtividade. Fontoura et al. (2010), estudando a eficiência de fertilizantes fosfatados nas culturas aveia branca, milho, trigo, soja e cevada, verificou que não há necessidade de aplicação de fertilizantes fosfatados para obtenção de alta produtividade em solos que tenham teores altos de fósforo, a não ser para culturas muito exigentes nesse nutriente, a exemplo da cevada, a única cuja produtividade aumentou com a adição de fertilizantes fosfatados. A recomendação de adubação fosfatada para a cultura da cevada no estado do Paraná depende basicamente da concentração do nutriente no solo (MINELLA, 2013).

O potássio é o segundo nutriente em maior concentração nas plantas. Depois do fósforo, constitui o nutriente mais consumido como fertilizante pela agricultura brasileira (RAIJ, 2011). No manejo da adubação potássica, altas doses são aplicadas no momento da semeadura (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS, 2001). A recomendação para a cultura da cevada no estado do Paraná varia de acordo com a concentração do nutriente no solo (MINELLA, 2013). As plantas que possuem deficiência em potássio não apresentam sintomas imediatos visíveis. No início da deficiência ocorre redução na taxa de crescimento das plantas e, mais tarde, aparecem as cloroses e necroses. Geralmente estes sintomas começam nas folhas mais velhas, pelo fato que estas

suprem as folhas mais novas com potássio quando ocorre a deficiência, por ser altamente móvel na planta (WENDLING, 2005).

A aplicação de doses insuficientes de fontes de potássio causa, especificamente em cereais de inverno, além de diminuição do crescimento das plantas, retardo na maturação e acamamento das plantas devido ao deficiente desenvolvimento de palha. Por outro lado, se a aplicação for elevada e contínua, poderá resultar em “consumo de luxo”, prejudicando a absorção e a disponibilidade de outros nutrientes (VIANA, 2007). Em estudo com a cultura do trigo, Fixen et al. (1986) avaliaram as respostas da cultura à adubação potássica em solo com baixo teor desse nutriente e verificaram que a fertilização potássica promoveu incremento de 70% na produtividade.

Assim, frente ao arranjo espacial simples, o arranjo espacial de plantas com fileiras pareadas pode ser uma alternativa de maiores produtividades na cultura da cevada. Porém, devido aos resultados divergentes de trabalhos realizados, há a necessidade de mais pesquisas a respeito do assunto, além da verificação da dose de fertilizante aplicada na semeadura e da densidade de semeadura para esse arranjo espacial a ser adotado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos foram instalados na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, região Campos Gerais, localizado a 25°5'49" de latitude sul, 50°3'11" de longitude leste e altitude de 1.025 m, no ano de 2013 com repetição em 2014.

4.1.1 Caracterização do clima e solo

O clima no local, segundo Köppen é classificado como Cfb, clima subtropical, com verões frescos, sem estação seca definida e temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C e no mais quente abaixo de 22°C. A precipitação pluvial média anual é de 1.600mm a 1.800mm. Os dados climatológicos referentes ao período de condução dos experimentos nos anos 2013 e 2014 são apresentados nas figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1 - Temperaturas máximas e mínimas e precipitações ocorridas durante a condução dos experimentos. Ponta Grossa – PR, 2013.

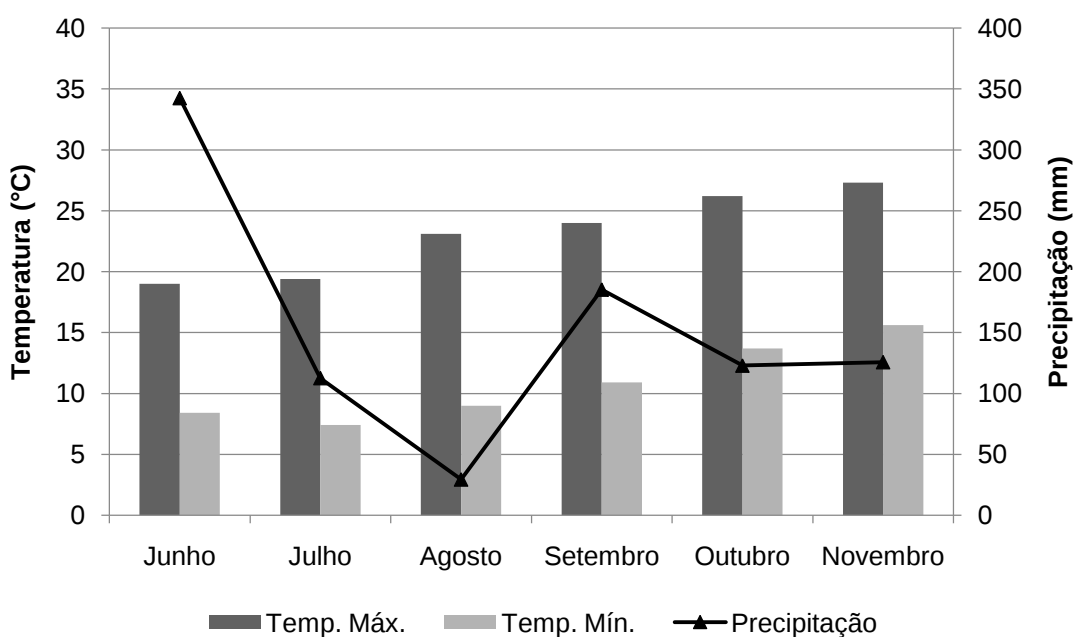
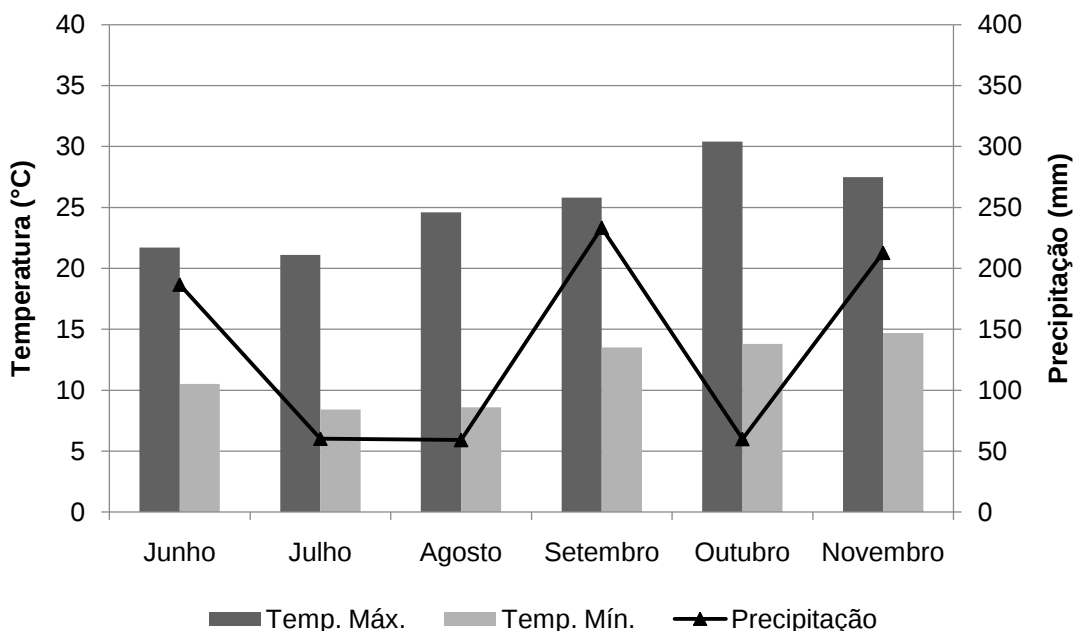


Figura 2 - Temperaturas máximas e mínimas e precipitações ocorridas durante a condução dos experimentos. Ponta Grossa – PR, 2014.



Fonte: IAPAR.

O solo no local é um Cambissolo Háplico Tb distrófico típico, de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006). Atributos químicos e físicos do solo das áreas dos experimentos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo*. Ponta Grossa - PR, 2013 e 2014.

Ano	pH	P mg.dm ⁻³	C g.dm ⁻³	CTC ¹	Ca	Mg	K	H + Al	Al ²	V ³	Argila	Silte	Areia
					cmol _c .dm ⁻³						%		
2013	5,4	12,4	27	12,27	4,2	2,2	0,52	5,35	0,0	56,4	46,0	17,9	36,1
2014	5,4	10,3	30	11,97	5,3	1,2	0,51	4,96	0,0	58,6	45,5	18,0	36,5

*Profundidade de 0-20 cm; ¹CTC= capacidade de troca catiônica do solo a pH 7,0; ²Al= saturação por alumínio; ³V= saturação por bases. Métodos de extração: pH= CaCl₂; H + Al= solução tampão SMP; Al, Ca e Mg trocáveis= KCl 1 mol.L⁻¹; P e K= Mehlich 1; C-orgânico= Walkley-Black.

4.2 DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES

4.2.1 BRS-Cauê

A cultivar de cevada BRS-Cauê é descendente do cruzamento entre as cultivares BRS-195 e BRS-Borema (MINELLA, 2009).

Apresenta potencial produtivo superior a 5.000 kg ha⁻¹, em condições adequadas de cultivo e localidades recomendadas. Responde positivamente a adubação nitrogenada e a semeadura em espaçamento pareado, apresentando melhor desempenho agrônômico que BRS-195 em todas as regiões produtoras (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná). Atinge estatura média de 0,70 m e ciclo médio de 82 dias para atingir o espigamento e 126 dias para a maturação. Devido ao porte baixo é resistente ao acamamento. É moderadamente resistente a mancha reticular, moderadamente suscetível a ferrugem da folha, suscetível a mancha marrom e a giberela e altamente suscetível ao oídio (MINELLA, 2009).

O malte da BRS-Cauê tem apresentado as especificações estabelecidas pela indústria cervejeira (MINELLA, 2009).

4.2.2 BRS-Elis

A cultivar de cevada BRS-Elis é descendente do cruzamento entre as cultivares BRS-195 e Scarlett. Combina o alto potencial produtivo e bom tipo agrônômico de BRS-195 e superior qualidade de malte da cultivar Scarlett (LUNARDI, 2009).

Apresenta potencial produtivo superior a 5.000 kg ha⁻¹ em condições adequadas de cultivo e em localidades recomendadas. Responde positivamente à adubação nitrogenada e a semeadura em espaçamento pareado, apresentando melhor desempenho agrônômico nas zonas de primaveras mais frescas das regiões produtoras dos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Atinge estatura média de 0,75 m e ciclo de 83 dias para atingir o espigamento e 128 dias para a maturação. É moderadamente resistente a oídio e mancha reticular, moderadamente suscetível a ferrugem da folha e suscetível a mancha marrom e giberela (LUNARDI, 2009).

Assim como a BRS-Cauê, o malte produzido a partir da BRS-Elis tem apresentado especificações estabelecidas pela indústria cervejeira (LUNARDI, 2009).

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos, que diferiram pela cultivar (BRS-Cauê e BRS-Elis), foi de blocos ao acaso, em parcelas subsubdivididas. As parcelas corresponderam aos arranjos espaciais de plantas, as subparcelas receberam as doses de fertilizantes N-P-K aplicadas na semeadura e as subsubparcelas constaram as populações de plantas, com quatro repetições.

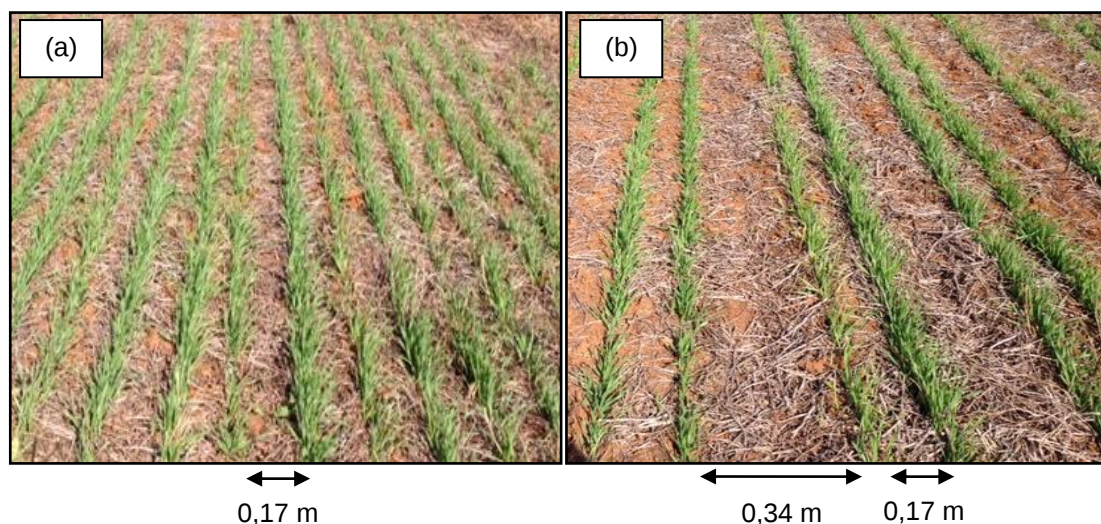
As subsubparcelas apresentaram 5,0 m de comprimento por 3,0 m de largura e área útil de 4,0 x 2,0 m.

4.4 TRATAMENTOS

Os tratamentos constaram de espaçamentos simples e pareado, das doses 100 e 150 kg ha⁻¹ da formulação 08-30-10 (N-P₂O₅-K₂O) aplicado na semeadura e das densidades de semeadura de 270, 360, 450 e 540 sementes viáveis m⁻². Todos os tratamentos foram aplicados nas cultivares de cevada BRS-Cauê e BRS-Elis, no ano de 2013, com repetição em 2014.

As fileiras simples consistiram de semeadura convencional, com as fileiras espaçadas 0,17 m uma da outra. O espaçamento pareado consistiu de duas fileiras espaçadas de 0,17 m e uma não semeada, conferindo um espaçamento de 0,34 m à próxima fileira dupla. Ilustrações dos arranjos espaciais simples e pareado são apresentadas na Figura 2.

Figura 3 – Ilustrações dos arranjos espaciais (a) simples e (b) pareado.



Fonte: A autora.

A dose de 100 kg ha^{-1} da formulação 08-30-10 aplicado no momento da semeadura correspondeu a $2/3$ da dose recomendada para a cultura (150 kg ha^{-1}) e foi utilizada para relacionar a dose com o espaçamento pareado que corresponde também a $2/3$ do número de fileiras do espaçamento simples.

As densidades de semeadura de 270, 360, 450 e $540 \text{ sementes m}^{-2}$ correspondem à verificação da densidade mais apropriada no espaçamento pareado em comparação com o simples, no qual é recomendado o estabelecimento de 250 a $300 \text{ plantas m}^{-2}$.

4.5 TRATOS CULTURAIS

O sistema de cultivo utilizado foi o plantio direto na palha, sendo a soja a cultura antecessora nos dois anos de pesquisa. A semeadura da cevada foi realizada no dia 12 de junho de 2013 e no dia 23 de junho em 2014. A emergência ocorreu no dia 22 de junho de 2013 e, no ano seguinte, no dia 02 de julho. A colheita em 2013 foi realizada no dia 05 de novembro e em 2014 no dia 08 de novembro.

A adubação foi efetuada no momento da semeadura, com a aplicação dos tratamentos de 100 kg ha^{-1} e de 150 kg ha^{-1} da formulação comercial 08-30-10, tanto no espaçamento simples quanto no pareado. A adubação nitrogenada em cobertura consistiu da aplicação de 80 kg ha^{-1} de uréia, no início do perfilhamento da cevada em todos os tratamentos.

Os tratos culturais realizados foram os mesmos nos anos de 2013 e 2014. Foi efetuado o tratamento das sementes com a mistura pronta de 45 g ha^{-1} imidacloprido + 135 g ha^{-1} tiodicarbe e 45 g ha^{-1} difenoconazol.

O controle de doenças foi feito com duas aplicações de 60 g ha^{-1} trifloxistrobina + 120 g ha^{-1} tebuconazol adicionado de óleo metilado de soja a $0,25\% \text{ v v}^{-1}$, sendo a primeira feita aos 30 dias após a emergência (DAE) e a segunda 15 dias após a primeira. Aos 55 DAE foram aplicados 60 g ha^{-1} azoxistrobina + 24 g ha^{-1} ciproconazol. Aos 80 DAE foram aplicados 75 g ha^{-1} trifloxistrobina + $87,5 \text{ g ha}^{-1}$ protioconazol adicionado de óleo metilado de soja a $0,25\% \text{ v v}^{-1}$.

O controle de pragas foi realizado com duas aplicações de 62 g ha^{-1} lambda-cialotrina + tiametoxam. Para o controle de plantas daninhas em pré-

semeadura aplicou-se 720 g i.a. ha⁻¹ de glifosato aos 10 dias antes da semeadura. Em pós-emergência, o controle das plantas daninhas foi realizado com 4,2 g i.a. ha⁻¹ de metsulfuron-metílico adicionado de óleo mineral a 0,5% v v⁻¹, aos 43 DAE.

4.6 AVALIAÇÕES

Na fase de antese foram avaliados, em 10 plantas por subsubparcela selecionadas aleatoriamente as seguintes características morfológicas: número de perfilhos e de folhas verdes por planta; comprimento e largura da folha bandeira, comprimento e largura das duas folhas abaixo da folha bandeira (folha bandeira-1 e folha bandeira-2, respectivamente) e estatura da planta mãe, com auxílio de régua milimetrada; diâmetro do colmo, com o auxílio de um paquímetro digital, e área foliar por planta por meio do determinador de área foliar Li - COR Biosciences LI - 3100 C area meter.

Quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica, foi efetuada a colheita manual das plantas. Na ocasião, foi feita também a coleta de todas as plantas contidas em um metro de fileira para a avaliação dos componentes de rendimento. Dessas plantas foi avaliado o número de espigas por metro, o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos (MMG).

Das plantas coletadas em um metro de fileira, foram selecionadas 10, a fim de determinar o índice de colheita aparente (ICA), também denominado rendimento biológico. Para tanto, grãos, colmos, folhas e ráquis foram colocados em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 65 °C por 48 horas. O ICA foi determinado pela divisão entre os valores obtidos da massa de grãos e o valor da fitomassa total acima do solo, de acordo com a fórmula:

$$\text{ICA (\%)} = \frac{\text{produção de grãos (g)}}{\text{produção de fitomassa (g)}} \times 100$$

A produtividade foi determinada pela pesagem da produção da área útil de cada parcela, sendo acrescido o material utilizado para a determinação dos componentes de rendimento, tendo sua umidade corrigida para 13% e o valor transformado em quilogramas por hectare.

A determinação do poder germinativo foi feita conforme orientação do Comitê de Análise da EBC (EUROPEAN BREWERY CONVENTION, 1998), e da portaria 691/96 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1996) através de testes utilizando tetrazólio, realizados em aparelho Vitascope. Já a determinação do teor de proteína bruta foi realizada pelo método de Kjeldahl (1883), que avalia a quantidade de nitrogênio total, sendo esse resultado posteriormente convertido em proteína bruta, uma vez que a maioria das proteínas possui aproximadamente 16% de nitrogênio.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativas, as diferenças entre as médias do espaçamento entre fileiras simples ou pareado, assim como as médias das doses 100 e 150 kg ha⁻¹ da formulação 08-30-10 foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As médias de densidades de semeadura foram comparadas por regressão polinomial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as características morfológicas das plantas, componentes de produção e produtividade, houve interação significativa entre os tratamentos de doses de fertilizantes aplicadas na semeadura e densidades de semeadura para número de espigas por metro quadrado das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em 2014. Além disso, houve interação significativa entre espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizantes para número de espigas e de grãos por metro quadrado na cultivar BRS-Cauê em 2014. As demais variáveis não apresentaram interação significativa entre os tratamentos.

5.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS PLANTAS

5.1.1 Número de perfilhos por planta

Em 2013 a cultivar BRS-Elis produziu maior número de perfilhos por planta no espaçamento simples, comparando-se com o pareado. Entretanto, não ocorreu diferença significativa para doses de fertilizantes e densidades de semeadura. Já a cultivar de cevada BRS-Cauê não apresentou resposta significativa para número de perfilhos por planta de acordo com os tratamentos avaliados (Tabelas 2 e 3).

No ano de 2014, nas duas cultivares não ocorreram diferenças significativas no número de perfilhos por planta de acordo com os espaçamentos entre fileiras, as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura (Tabelas 2 e 3).

Os resultados dos dois anos indicam que a emissão de perfilhos para a cultura da cevada é dependente da cultivar e das características edafoclimáticas, uma vez que no ano de 2013 somente o número de perfilhos da BRS-Elis resultou em resposta estatisticamente significativa conforme os espaçamentos adotados, e em 2014 esse resultado não se repetiu.

No espaçamento pareado as plantas se desenvolveram mais próximas umas das outras, devido a não semear uma fileira a cada duas semeadas. Com essa maior concentração de plantas nas fileiras de semeadura do espaçamento pareado, há maior competição intraespecífica entre as plantas,

principalmente por elementos nutricionais, em destaque o nitrogênio que estimula a atividade meristemática, reduzindo dessa forma a eficiência de emissão de perfilhos, como ocorreu com a cultivar de cevada BRS-Elis (Tabela 2).

As doses de fertilizantes aplicadas nos dois anos excedeu a necessidade recomendada para a cultura da cevada devido a elevada fertilidade do solo, a qual é característica de solo recorrente de onde são implantadas lavouras de cevada, uma vez que se trata de cultura altamente exigente em fertilidade. Devido à cultura se desenvolver de maneira diferenciada até um nível limite de fertilidade do solo, caso o solo apresente maior nível nutricional a resposta entre os tratamentos não ocorre devido ao consumo de luxo, no qual a planta absorve mais nutriente na maior dose aplicada, mas essa absorção não é refletida efetivamente no desenvolvimento da cultura (Tabela 2).

A manutenção do número de perfilhos por planta mesmo com níveis crescentes de densidades de semeadura, indica que na cevada a definição do número de perfilhos por planta é determinada antes da competição intraespecífica que pode ocorrer devido ao maior número de plantas na fileira de semeadura. Isso também acontece na cultura do trigo, pois segundo Almeida et al. (2000) a definição da emissão dos perfilhos em determinadas cultivares de trigo ocorreu até a emissão da quarta folha, o que indica que a definição quanto à emissão de perfilhos total ocorreu muito precocemente para cultivar adotada (Tabela 3).

Tabela 2 – Número de perfilhos por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Espaçamentos entre fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	2013		2014	
Simples	2,0 a	1,4 a	1,5 a	1,1 a
Pareado	1,7 b	1,3 a	1,6 a	1,1 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)				
150	1,9 a	1,3 a	1,6 a	1,2 a
100	1,8 a	1,4 a	1,5 a	1,0 a
CV _{parcela} (%)	8,38	15,82	23,05	60,33
CV _{subparcela} (%)	17,06	24,95	22,74	51,55

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 3 – Número de perfilhos por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidades de semeadura (m ²)	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	2013		2014	
270	1,8	1,3	1,5	1,0
360	1,9	1,4	1,4	1,1
450	1,9	1,3	1,7	1,1
540	2,0	1,4	1,5	1,2
Regressão	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo.

5.1.2 Diâmetro do colmo

Em 2013 o diâmetro do colmo das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê não resultaram em diferenças significativas de acordo com os espaçamentos entre fileiras e as doses de fertilizantes (Tabela 4). O diâmetro do colmo de ambas as cultivares apresentou resposta linear decrescente com o aumento da densidade de semeadura em 2013 (Figuras 2 e 3).

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), em maior densidade de semeadura as plantas alocam seus recursos para um crescimento longitudinal mais rápido a fim de evitar o sombreamento, diminuindo dessa forma o diâmetro do colmo, o que foi observado no presente trabalho. Resultado semelhante foi obtido em trabalho realizado por Senger (2013), no qual o aumento na densidade de semeadura resultou em diminuição do diâmetro do colmo em uma das cultivares de cevada pesquisada.

No ano de 2014 a cultivar BRS-Elis apresentou resposta significativa de diâmetro do colmo apenas com a aplicação de doses de fertilizantes, com maior diâmetro quando aplicada a maior dose de fertilizante, não ocorrendo diferença significativa do diâmetro do colmo pela variação dos espaçamentos entre fileiras e das densidades de semeadura (Tabelas 4 e 5). Já o diâmetro do colmo da cultivar BRS-Cauê, no mesmo ano, não foi afetado significativamente de acordo com os tratamentos espaçamentos entre fileiras, doses de fertilizantes e densidades de semeadura (Tabelas 4 e 5).

Em experimentos com a cultura do milho, Karlen; Sadler e Camp (1987) verificaram que a adubação potássica resultou em maior diâmetro do colmo, tornando as plantas mais resistentes ao acamamento e ao quebramento. De acordo

com Viana (2007), o suprimento de potássio confere ao trigo maior resistência ao acamamento devido, além de outros fatores, à maior formação de esclerênquima no colmo, o que pode justificar o resultado observado no presente trabalho na cultivar BRS-Elis em 2014, uma vez que todos esses resultados foram observados em *poaceaes*.

O fato de as densidades de semeadura adotadas promoverem respostas significativas em ambas cultivares em 2013 e esse resultado não se repetir em 2014 pode ser devido à elevada temperatura durante a condução dos experimentos em 2014, acarretando nas plantas um desenvolvimento vegetativo mais acelerado, portanto não havendo tempo suficiente durante o ciclo para estabelecer diferenças significativas de diâmetro do colmo conforme as densidades de semeadura adotadas, uma vez que diversos autores como Zagonel; Venâncio e Kunz (2002), Fernandes (2009), Hilgemberg (2010) e Senger (2013) observaram diferenças significativas no diâmetro do colmo tanto da cultura do trigo quanto da cevada em experimentos com densidades de semeadura.

Tabela 4 – Diâmetro do colmo das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Espaçamentos entre fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(mm) 2013		(mm) 2014	
Simples	3,1 a	3,0 a	3,1 a	2,7 a
Pareado	3,1 a	3,0 a	2,9 a	2,8 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)				
150	3,1 a	3,0 a	3,1 a	2,9 a
100	3,1 a	3,0 a	2,9 b	2,7 a
CV parcela (%)	6,64	11,07	11,41	10,64
CV subparcela (%)	5,16	10,35	8,85	7,42

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); CV= coeficiente de variação.

Tabela 5 – Diâmetro do colmo das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014

Densidades de semeadura (m ²)	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(mm)	
270	3,10	2,8
360	3,12	2,8
450	2,99	2,7
540	2,84	2,6
Regressão	ns	ns

ns: não significativo.

Figura 4 - Diâmetro do colmo (DCO) em função de densidades de semeadura, cultivar BRS-Elis. Ponta Grossa, 2013.

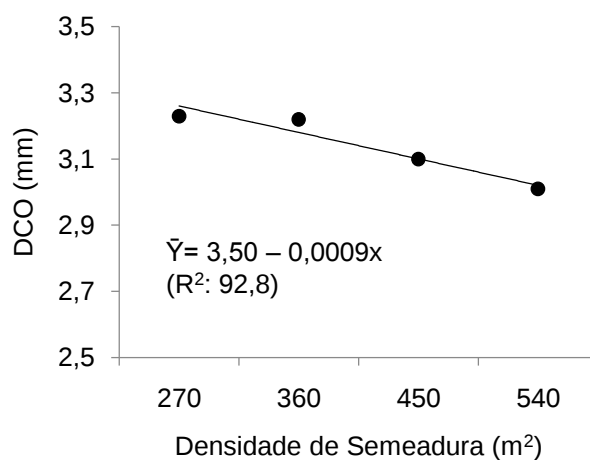
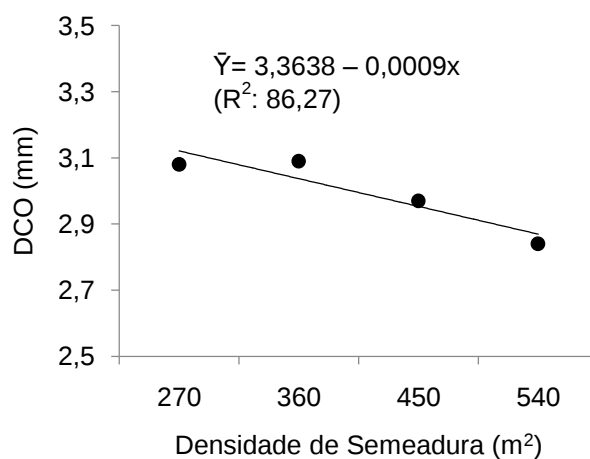


Figura 5 – Diâmetro do colmo (DCO) em função de densidades de semeadura, cultivar BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2013.



5.1.3 Estatura de plantas

A cultivar de cevada BRS-Elis no ano de 2013 resultou em maior estatura de plantas no espaçamento simples, comparando-se com o pareado, porém, os demais tratamentos não causaram diferenças significativas para essa variável (Tabelas 6 e 7). Os espaçamentos, as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura não afetaram significativamente a estatura da planta da cultivar BRS-Cauê em 2013 (Tabelas 6 e 7).

Em 2014 não ocorreu diferença significativa na estatura das plantas da cultivar BRS-Elis de acordo com os espaçamentos entre fileiras, as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura (Tabelas 6 e 7). Na cultivar BRS-Cauê a estatura de plantas foi maior no espaçamento simples em comparação ao pareado (Tabela 6). O tratamento com doses de fertilizantes aplicadas na semeadura também afetou significativamente essa variável, havendo maior estatura de plantas na aplicação de 150 kg ha⁻¹ (Tabela 6). Para as densidades de semeadura não ocorreram diferenças significativas na estatura das plantas (Tabela 7).

O resultado de maior estatura de plantas das cultivares BRS-Elis em 2013 e BRS-Cauê em 2014 no espaçamento simples se assemelha ao observado por Teixeira e Rodrigues (2003) e corrobora com o relato de Kendrick et al. (1994), sobre o efeito da luz no desenvolvimento de plantas, no qual, plantas cujos caules recebem menor quantidade de luz branca tem maior alongamento do caule. Esse efeito ocorre porque com menos claridade sendo absorvida pela planta há a conversão lenta de fitocromo vermelho distante (ativo) em fitocromo vermelho (inativo), estimulando dessa forma o alongamento do caule.

Provavelmente esse efeito ocorreu no espaçamento simples entre fileiras comparando-se com o pareado, devido no arranjo espacial pareado haver maior distanciamento entre as fileiras de semeadura, uma vez que ocorre a eliminação de uma fileira a cada duas semeadas. Com isso a plantas absorvem maior quantidade de luz branca em comparação com o espaçamento simples, acarretando em conversão mais rápida de fitocromo vermelho distante em fitocromo vermelho.

Tabela 6 – Estatura das plantas das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Espaçamentos entre fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(m) 2013		(m) 2014	
Simples	0,63 a	0,59 a	0,66 a	0,61 a
Pareado	0,61 b	0,60 a	0,67 a	0,59 b
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)				
150	0,61 a	0,59 a	0,67 a	0,62 a
100	0,63 a	0,60 a	0,66 a	0,58 b
CV _{parcela} (%)	3,74	7,83	21,48	11,56
CV _{subparcela} (%)	9,09	5,36	15,45	17,16

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); CV= coeficiente de variação.

Tabela 7 – Estatura das plantas por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidades de semeadura (m ²)	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(m) 2013		(m) 2014	
270	0,63	0,60	0,66	0,60
360	0,61	0,61	0,65	0,61
450	0,62	0,59	0,71	0,60
540	0,62	0,58	0,63	0,59
Regressão	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo.

5.1.4 Número de folhas verdes por planta

Não houve diferença significativa no número de folhas verdes por planta das duas cultivares no ano de 2013 de acordo com os espaçamentos entre fileiras, as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura (Tabelas 8 e 9). Em 2013, principalmente na fase vegetativa da cultura, a precipitação foi mais elevada e a temperatura mais baixa que em 2014, o que pode ter influenciado na resposta da cultura aos tratamentos quanto ao número de folhas verdes por planta.

Em 2014, somente as densidades de semeadura resultaram em diferenças significativas de número de folhas verdes por planta da cultivar BRS-Elis, na qual o aumento da densidade de semeadura resultou em resposta quadrática no número de folhas por planta, sendo obtido maior valor com 270 sementes m² (Figura 4), não havendo diferenças estatisticamente significativas entre os espaçamentos entre fileiras e as doses de fertilizantes aplicadas na semeadura (Tabela 8). Em trabalho realizado por Senger (2013), foi obtido resultado semelhante no espaçamento pareado da cultura da cevada, no qual houve maior número de folhas por planta na menor densidade de semeadura adotada. Esse resultado foi obtido porque a densidade de semeadura influencia diretamente na competição intraespecífica das plantas, assim, plantas emergidas em alta densidade vão se desenvolver de maneira normal até atingirem um tamanho que exija maiores quantidades de luz, espaço, nutrientes e água para seu efetivo desenvolvimento e produção.

Os espaçamentos entre fileiras e as densidades de semeadura não alteraram de maneira significativa o número de folhas verdes por planta da cultivar BRS-Cauê em 2014, e o resultado distinto foi obtido somente de acordo com as

doses de fertilizantes, havendo maior número de folhas na maior dose (Tabelas 8 e 9). O aumento da quantidade de folhas verdes com a maior dose de fertilizantes está relacionado principalmente com o suprimento em nitrogênio, o qual promove a formação de clorofila, intensificando a permanência de folhas verdes nas plantas. Além disso, o nitrogênio absorvido pela planta propicia aumento da atividade meristemática da parte aérea, o que também pode ter influenciado no número de folhas verdes por planta.

O nitrogênio é um mineral que possui uma alta mobilidade no solo, sendo que normalmente, as perdas são devido aos inúmeros processos ao qual o nitrogênio está sujeito, como lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de N_2 , N_2O e outros óxidos de nitrogênio (ANGHINONI, 1986), sendo então o nutriente que mais influenciou nos resultados distintos entre as doses de fertilizantes, uma vez que o solo da área dos experimentos possuía elevado nível de fertilidade.

Tabela 8 – Número de folhas verdes por planta (NFP) das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Espaçamentos entre fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	2013		2014	
Simples	5,7 a	4,7 a	4,23 a	4,3 a
Pareado	5,8 a	4,9 a	4,16 a	3,8 a
Doses de fertilizante ($kg\ ha^{-1}$)				
150	6,1 a	4,9 a	4,17 a	4,2 a
100	5,3 a	4,7 a	4,22 a	3,9 b
CV _{parcela} (%)	24,63	4,46	5,60	13,94
CV _{subparcela} (%)	28,45	7,08	10,32	8,72

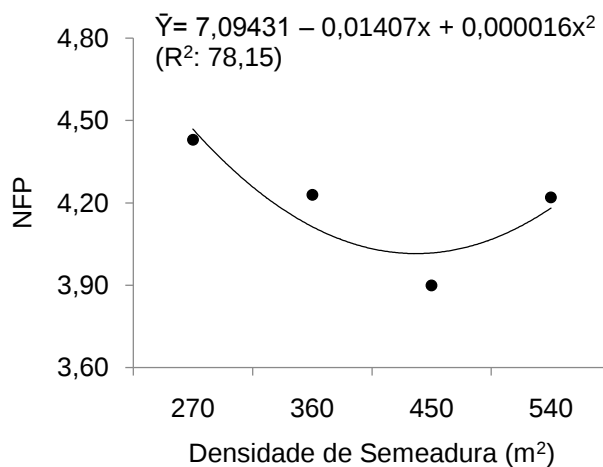
Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 9 – Número de folhas verdes por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidades de semeadura (m^2)	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Cauê
	2013		2014
270	5,8	4,7	4,0
360	5,5	4,8	4,1
450	6,1	4,9	4,1
540	5,5	4,8	3,9
Regressão	ns	ns	ns

ns: não significativo.

Figura 6 – Número de folhas verdes por planta (NFP) da cultivar de cevada BRS-Elis em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.



5.1.5 Largura e comprimento da folha bandeira, folha bandeira-1 e folha bandeira-2.

A relação entre radiação incidente e fotossíntese líquida depende da área foliar, mas também da distribuição arquitetônica das folhas no dossel. As folhas superiores no dossel, no caso da cevada, a folha bandeira, a folha bandeira-1 e a folha bandeira-2, por receberem maior incidência luminosa apresentam uma maior contribuição para a fotossíntese total da planta (EVANS, 1970).

Os espaçamentos entre fileiras e as densidades de semeadura não influenciaram significativamente na largura e comprimento da folha bandeira, folha bandeira-1 e folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Elis em 2013 (Tabelas 10 e 11). Já a dose de 150 kg ha⁻¹ de fertilizante proporcionou maior largura e comprimento de todas as folhas avaliadas, comparando-se com a menor dose (Tabela 10). Nakagawa; Crusciol e Zucareli (2009) observaram maior massa de matéria seca da folha bandeira da aveia-preta nos tratamentos que constavam adubação fosfatada, comparando-se com o tratamento sem a presença deste macronutriente. Além disso, sabe-se que o nitrogênio tem como uma de suas funções a produção de novas células e tecidos, o que provavelmente influenciou no resultado diferencial entre as doses de fertilizantes para o desenvolvimento das folhas bandeira, bandeira-1 e bandeira-2.

A largura e o comprimento da folha bandeira da cultivar BRS-Cauê apresentaram maiores valores no espaçamento pareado, comparando-se com o

simples no ano de 2013, entretanto, não houve respostas diferenciadas para os demais tratamentos. A largura e o comprimento da folha bandeira-1 e folha bandeira-2 não alteraram significativamente de acordo com os espaçamentos entre fileiras, as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura (Tabelas 12 e 13).

Os maiores valores de largura e comprimento da folha bandeira da cultivar BRS-Cauê no espaçamento pareado são consequência da maior interceptação de radiação solar que ocorre pelas plantas nesse arranjo espacial, devido ao maior distanciamento que há entre as fileiras semeadas. Senger (2013) também observou maiores dimensões da folha bandeira no espaçamento pareado de uma das cultivares pesquisadas, indicando dessa forma que a resposta da cultura da cevada para o desenvolvimento da folha bandeira de acordo com o arranjo espacial adotado depende da cultivar utilizada.

Além disso, de acordo com Wobeto (1994), o equilíbrio entre o desenvolvimento geral do colmo principal e os perfilhos é uma condição essencial para a sobrevivência destes, portanto, como no presente trabalho não houve resposta significativa no número de perfilhos conforme os arranjos espaciais adotados, isso provavelmente refletiu em resposta diferencial de largura e comprimento das folhas bandeira do colmo principal, uma vez que a planta deixou de direcionar a translocação de fotoassimilados do desenvolvimento dos perfilhos para desenvolver de maneira diferenciada as folhas bandeira.

No ano de 2014, na cultivar BRS-Elis houve maior largura e comprimento da folha bandeira, folha bandeira-1 e folha bandeira-2 no espaçamento pareado comparando-se com o simples, porém não houve respostas diferenciais para doses de fertilizantes e densidades de semeadura (Tabelas 14 e 15). Já a cultivar BRS-Cauê, no mesmo ano, apresentou maior largura da folha bandeira, folha bandeira-1 e folha bandeira-2 no espaçamento pareado em comparação com o simples. Contudo, o comprimento dessas folhas não se alterou significativamente como ocorreu com a largura (Tabela 16). As doses de fertilizantes e as densidades de semeadura não resultaram em resposta significativa nas larguras e comprimentos das folhas (Tabelas 16 e 17). Em cultivos densos, as folhas localizadas na porção mais baixa das plantas interceptam pouca luz, havendo baixa eficiência fotossintética. Com isso, a adequação do espaçamento e da população de plantas é fundamental para um bom desenvolvimento da cultura, o que ocorreu no espaçamento pareado, devido ao maior espaçamento que há entre as fileiras,

aumentando dessa forma a produção de fotoassimilados pelas plantas, o que refletiu em maiores largura e comprimento das folhas.

Tabela 10 – Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Elis em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante na semeadura. Ponta Grossa, 2013.

Espaçamentos entre Fileiras	LFB	CFB	LF1	CF1	LF2	CF2
	cm					
Simples	0,69 a	7,89 a	1,16 a	15,99 a	1,23 a	20,50 a
Pareado	0,72 a	8,21 a	1,18 a	15,50 a	1,22 a	19,43 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)						
150	0,75 a	8,31 a	1,20 a	16,26 a	1,24 a	20,96 a
100	0,66 b	7,79 b	1,14 b	15,23 b	1,20 b	18,98 b
CV parcela (%)	17,63	23,66	10,06	12,32	5,64	11,00
CV subparcela (%)	8,42	10,48	2,87	6,83	4,82	7,22

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 11 – Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Elis em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013.

Densidades de Semeadura (m ²)	LFB	CFB	LF1	CF1	LF2	CF2
	cm					
270	0,71	7,97	1,18	15,76	1,22	19,73
360	0,72	8,42	1,18	16,02	1,24	20,19
450	0,70	8,11	1,17	15,73	1,22	19,87
540	0,70	7,69	1,15	15,46	1,21	20,09
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo.

Tabela 12 – Largura (LFB) e comprimento da folha bandeira (CFB), largura (LF1) e comprimento da folha bandeira-1 (CF1), largura (LF2) e comprimento da folha bandeira-2 (CF2) da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013. (Continua)

Espaçamentos entre Fileiras	LFB	CFB	LF1	CF1	LF2	CF2
	cm					
Simples	0,73 b	7,30 b	1,31 a	16,40 a	1,43 a	21,53 a
Pareado	0,76 a	7,89 a	1,32 a	16,13 a	1,34 a	20,98 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)						
150	0,77 a	7,59 a	1,33 a	16,83 a	1,37 a	21,49 a
100	0,72 a	7,60 a	1,30 a	15,69 a	1,39 a	20,82 a
CV parcela (%)	4,61	9,48	15,60	9,55	22,77	15,20

(Conclusão)

CV _{subparcela} (%)	13,82	9,81	10,05	12,90	16,02	14,97
------------------------------	-------	------	-------	-------	-------	-------

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 13 – Largura (LFB) e comprimento da folha bandeira (CFB), largura (LF1) e comprimento da folha bandeira-1 (CF1), largura (LF2) e comprimento da folha bandeira-2 (CF2) da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013.

Densidades de semeadura (m ²)	LFB	CFB	LF1	CF1	LF2	CF2
	cm					
270	0,75	7,90	1,34	16,33	1,39	21,91
360	0,76	7,59	1,33	16,29	1,38	21,26
450	0,74	7,54	1,31	16,24	1,45	21,06
540	0,73	7,34	1,28	16,19	1,33	20,81
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo.

Tabela 14 – Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Elis em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2014.

Espaçamentos entre fileiras	LFB	CFB	LF1	CF1	LF2	CF2
	cm					
Simplex	0,58 b	7,28 b	1,04 b	15,74 b	1,20 b	19,25 b
Pareado	0,66 a	8,12 a	1,19 a	16,87 a	1,31 a	21,95 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)						
150	0,62 a	7,83 a	1,09 a	16,43 a	1,27 a	20,84 a
100	0,61 a	7,57 a	1,14 a	16,19 a	1,24 a	20,36 a
CV _{parcela} (%)	10,33	10,72	8,58	7,81	7,23	10,05
CV _{subparcela} (%)	14,54	14,68	15,26	12,88	7,42	13,71

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 15 – Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Elis em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.

Densidades de Semeadura (m ²)	LFB	CFB	LF1	CF1	LF2	CF2
	cm					
270	0,60	7,62	1,11	16,24	1,26	20,97
360	0,63	7,78	1,12	16,28	1,26	20,76
450	0,61	7,94	1,12	17,01	1,25	20,48
540	0,63	7,45	1,12	15,70	1,25	20,19
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo.

Tabela 16 – Largura (LFB) e comprimento da folha bandeira (CFB), largura (LF1) e comprimento da folha bandeira-1 (CF1), largura (LF2) e comprimento da folha bandeira-2 (CF2) da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2014.

Espaçamentos entre Fileiras	LFB	CFB	LF1	CF1	LF2	CF2
cm						
Simplex	0,69 b	8,12 a	1,31 b	17,78 a	1,40 b	22,22 a
Pareado	0,82 a	8,40 a	1,39 a	18,21 a	1,44 a	23,71 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)						
150	0,78 a	8,46 a	1,39 a	18,24 a	1,42 a	23,41 a
100	0,73 a	8,06 a	1,34 a	17,75 a	1,41 a	22,52 a
CV _{parcela} (%)	15,74	17,24	13,30	8,56	13,74	16,50
CV _{subparcela} (%)	14,01	14,10	13,90	10,04	14,09	18,05

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 17 – Largura (LFB) e comprimento (CFB) da folha bandeira, largura (LF1) e comprimento (CF1) da folha bandeira-1, largura (LF2) e comprimento (CF2) da folha bandeira-2 da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.

Densidades de semeadura (m ²)	LFB	CFB	LF1	CF1	LF2	CF2
cm						
270	0,77	8,11	1,36	17,98	1,45	23,18
360	0,76	7,99	1,34	18,01	1,43	22,42
450	0,74	8,58	1,36	17,88	1,38	22,92
540	0,76	8,36	1,35	18,11	1,40	23,34
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo.

5.1.6 Área foliar por planta

A área foliar por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê não se alteraram significativamente de acordo com os espaçamentos entre fileiras, as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura no ano de 2013 (Tabelas 18 e 19).

No ano de 2014 as duas cultivares resultaram em resposta significativa com maior área foliar por planta no espaçamento pareado comparando-se com o simples, porém, as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura não alteraram significativamente os valores de área foliar por planta (Tabelas 18 e 19). O maior valor de área foliar por planta no espaçamento pareado é atribuído a

maior largura e comprimento das folhas bandeira, bandeira-1 e bandeira-2, uma vez que para o número de folhas verdes não ocorreu diferença significativa conforme o espaçamento entre fileiras.

O arranjo espacial de entre fileiras pareadas se caracteriza pelo maior espaçamento que há entre as fileiras de semeadura, devido à eliminação de uma fileira a cada duas semeadas, sendo que esse maior espaçamento propicia um melhor aproveitamento da radiação solar pelas plantas. Estudos têm demonstrado relação linear entre fitomassa produzida e a energia radiante absorvida ao longo do ciclo em grande número de espécies (TOLLENAAR; BRULSEMA, 1988). Por isso, a maneira como a radiação fotossinteticamente ativa é interceptada pelo dossel das plantas é fundamental para a realização do processo fotossintético (STEWART et al., 2003). Assim, o maior espaçamento que há no arranjo pareado promove maior penetração de radiação solar, principalmente nas partes da planta mais próximas ao solo, havendo melhor aproveitamento fotossintético pelas culturas. Segundo Tollenaar e Brulsema (1988), fatores como forma, densidade populacional e espaçamento entre fileiras, afetam a distribuição da área foliar no dossel das plantas, explicando o resultado obtido no presente trabalho.

Tabela 18 – Área foliar por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Espaçamentos entre Fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(cm ²) 2013		(cm ²) 2014	
Simples	297,4 a	263,8 a	227,15 b	239,3 b
Pareado	304,2 a	245,5 a	380,56 a	342,8 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)				
150	289,4 a	243,8 a	314,64 a	313,0 a
100	311,9 a	265,5 a	293,08 a	269,1 a
CV parcela (%)	43,29	41,08	32,09	14,47
CV subparcela (%)	47,29	30,20	31,77	38,18
CV sub subparcela (%)	46,42	42,92	34,91	34,84

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); CV= coeficiente de variação.

Tabela 19 – Área foliar por planta das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014. (Continua)

Densidades de semeadura (m ²)	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(cm ²) 2013		(cm ²) 2014	
270	277,3	246,9	314,38	280,7

Densidades de semeadura (m ²)	(Conclusão)			
	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(cm ²) 2013		(cm ²) 2014	
360	325,7	279,8	291,72	294,1
450	315,7	235,6	317,19	284,4
540	285,3	256,2	292,15	305,1
Regressão	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo.

5.1.7 Índice de colheita aparente

De acordo com Donald e Hamblin (1976) e Schuch et al. (2000), os fatores que afetam a expressão do índice de colheita aparente (ICA) em cereais são a densidade de semeadura, a adubação nitrogenada e a disponibilidade de água.

No ano de 2013 houve diferença significativa de ICA da cultivar BRS-Elis somente para doses de fertilizantes, com maior ICA na aplicação da maior dose, não ocorrendo diferenças significativas entre os espaçamentos entre fileiras e as densidades de semeadura (Tabelas 20 e 21). Já a cultivar BRS-Cauê não apresentou diferenças significativas de ICA de acordo com os tratamentos em 2013 (Tabelas 20 e 21).

Em 2014 o ICA da BRS-Elis decresceu linearmente com o aumento da densidade de semeadura, com maior ICA na densidade de 270 sementes m⁻² (Figura 5). Os espaçamentos entre fileiras e as doses de fertilizantes não resultaram em resposta significativa de ICA (Tabela 20). Os tratamentos avaliados não resultaram em diferenças estatisticamente significativas de ICA para a cultivar BRS-Cauê no ano de 2014 (Tabelas 20 e 21).

De acordo com Schuch et al. (2000), ocorre um declínio no ICA a partir de densidades com maior produtividade de grãos em cereais, devido ao fato que essa produtividade é alcançada em densidades menores do que aquelas que produzem o máximo rendimento biológico. Rendimento biológico, de acordo com Niciporovic (1960) é o peso da planta madura, excluindo-se as raízes, e representa a quantidade de matéria seca acumulada pela parte aérea da planta durante seu ciclo de desenvolvimento.

Assim, a informação relatada por Schuch et al. (2000) explica a redução do ICA a partir da densidade de 270 sementes m⁻² da BRS-Elis em 2014, sendo essa a menor densidade adotada no trabalho.

Tabela 20 – Índice de colheita aparente das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Espaçamentos entre fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	2013		2014	
Simples	43,9 a	48,4 a	26,09 a	29,6 a
Pareado	43,9 a	52,9 a	25,62 a	30,0 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)				
150	47,0 a	51,0 a	25,63 a	30,3 a
100	40,8 b	51,3 a	26,08 a	29,3 a
CV _{parcela} (%)	18,66	31,45	5,63	3,78
CV _{subparcela} (%)	19,22	16,31	7,51	9,30

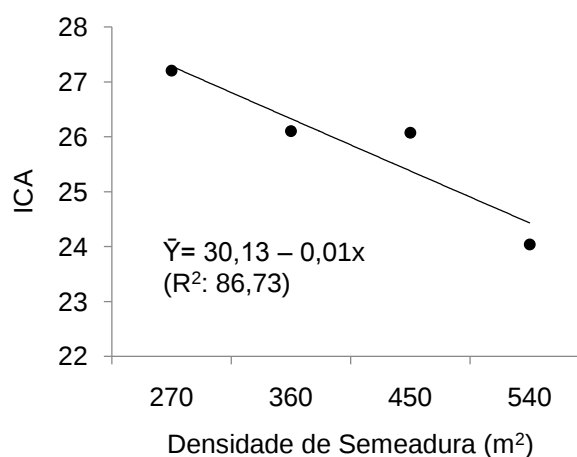
Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 21 – Índice de colheita aparente das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidades de semeadura (m ²)	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Cauê
	2013		2014
270	42,4	52,2	29,3
360	42,5	51,6	29,4
450	42,6	48,8	31,2
540	48,1	50,1	29,2
Regressão	ns	ns	ns

ns: não significativo.

Figura 7 – Índice de colheita aparente (ICA) da cultivar de cevada BRS-Elis em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.



5.2 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE

5.2.1 Número de espigas e de grãos por metro quadrado

Baixa densidade de plantas reduz a interceptação da radiação solar por área, favorecendo a produção de grãos por planta, mas reduzindo a produtividade por área (SANGOI et al., 2011).

No ano de 2013 o espaçamento entre fileiras simples resultou em maior número de espigas e de grãos por metro quadrado da cultivar BRS-Elis (Tabelas 22 e 23). O espaçamento entre fileiras simples resultou em maior número de espigas e grãos por metro quadrado devido ao menor número de plantas na fileira de semeadura, resultando em menor competição intraespecífica por área e nutrientes, o que influenciou na emissão de perfilhos por planta, com reflexos no número de espiga por planta. Assim, a diferença no número de espigas por metro quadrado refletiu em diferença no número de grãos por metro quadrado entre os espaçamentos pesquisados, resultados que corroboram com os observados por Senger (2013), a qual comparou os dois arranjos espaciais na cultura da cevada, porém é diferente do encontrado no trabalho de Teixeira e Rodrigues 2003, no qual não houve diferença no número de espigas por metro quadrado conforme os arranjos espaciais pesquisados, indicando que esse resultado depende da cultivar adotada e do ambiente onde foi instalado o experimento.

Devido à elevada fertilidade do solo, as doses de fertilizantes não resultaram em diferenças significativas no número de espigas e de grãos por metro quadrado na cultivar BRS-Elis em 2013 (Tabelas 22 e 23). As densidades de semeadura não promoveram resposta significativa no número de espigas e grãos por metro quadrado (Tabelas 24 e 25).

Os espaçamentos entre fileiras, as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura não resultaram em repostas significativas de número de espigas e de grãos por metro quadrado da cultivar BRS-Cauê no ano de 2013 (Tabelas 22, 23, 24 e 25). Esse resultado corrobora com o observado por Teixeira e Rodrigues (2003) e confirma que a resposta para os tratamentos depende da cultivar utilizada e de fatores ambientais.

No ano de 2014 não houve resposta significativa de o número de espigas por metro quadrado da cultivar BRS-Elis conforme os espaçamentos entre fileiras (Tabela 26). Ocorreu interação significativa entre doses de fertilizantes e densidades de semeadura para número de espigas por metro quadrado da cultivar

BRS-Elis em 2014 (Figura 6). O aumento da densidade de semeadura juntamente com a maior dose de fertilizante resultou em resposta quadrática do número de espigas por metro quadrado, com maior valor sendo obtido na densidade de 450 sementes m^{-2} . Já a menor dose de fertilizante apresentou resposta quadrática de acordo com as densidades de semeadura, com maior número de espigas na densidade de 540 sementes m^{-2} . Esses resultados indicam que com a maior dose de fertilizante o número de espigas por metro quadrado se eleva até uma população de plantas menor do que na menor dose, provavelmente devido ao maior desenvolvimento da planta que há na maior com a aplicação da dose de fertilizante.

Dos tratamentos aplicados na cultivar BRS-Elis em 2014, o único que alterou significativamente o número de grãos por metro quadrado foi doses de fertilizantes, não havendo diferenças significativas entre os espaçamentos entre fileiras e as densidades de semeadura (Tabelas 23 e 25). Com a aplicação da maior dose de fertilizante houve maior número de grãos por metro quadrado, comparando-se com a menor dose. De acordo com Viega et al. (2001), o aumento da produtividade da cevada está correlacionado com o manejo do nitrogênio, da população e do número de grãos por metro quadrado, que é determinado pelo número de espigas e pelo número de grãos de por espiga. Assim, a diferença no número de grãos por metro quadrado entre as doses de fertilizantes ocorreu principalmente devido ao manejo do nitrogênio, o qual é o elemento que mais se perde para o ambiente por volatilização e lixiviação, comparando-se com potássio e fósforo.

Para a cultivar BRS-Cauê no ano de 2014 ocorreu interação significativa entre os espaçamentos entre fileiras e as doses de fertilizantes para número de espigas (Tabela 27) e de grãos por metro quadrado (Tabela 28). No espaçamento simples não houve diferença significativa para número de espigas e de grãos por metro quadrado entre as doses de fertilizantes. Já no espaçamento pareado houve maior número de espigas e de grãos por metro quadrado na aplicação da maior dose, comparando-se com a menor. Esse resultado ratifica a teoria de que no espaçamento pareado, por haver maior população de plantas na fileira de semeadura há maior competição entre as mesmas por nutrientes, água e espaço, o que pode influenciar no desenvolvimento das plantas, como ocorreu para essas variáveis analisadas.

A variação da densidade de semeadura afetou o número de espigas por metro quadrado da cultivar BRS-Cauê em 2014, apresentando resposta quadrática, com maior valor na densidade de 450 sementes m^{-2} (Figura 7). Assim como ocorreu com a cultivar de cevada BRS-Elis em 2014 na maior dose de fertilizante (Figura 6). Já o número de grãos por metro quadrado apresentou interação significativa entre densidades de semeadura e espaçamentos entre fileiras (Figura 8). Para ambos os espaçamentos, o número de grãos por metro quadrado resultou em resposta quadrática de acordo com as densidades de semeadura, com maior resposta no espaçamento simples com densidade de 450 sementes m^{-2} .

Em trabalho realizado por Dourado Neto et al. (2003), com diferentes populações na cultura do milho, verificou-se que a produção de grãos aumentou linearmente com o aumento da população de plantas, até um ponto denominado “ponto crítico”, o qual varia entre 30 e 90.000 plantas ha^{-1} para a cultura do milho, pelo fato de a produção de grãos por planta permanecer constante. Nessa faixa de população não há competição intraespecífica. Acima da população crítica, devido à competição intraespecífica, a produção por planta decresce, determinando um ponto de máxima produção por unidade de área.

O'Donovan et al. (2012) também observaram decréscimo no número de grãos por metro quadrado da cultura da cevada com a elevação da densidade de semeadura, justificando o resultado obtido através da competição intraespecífica, assim como descrito por Dourado Neto et al. (2003), o que pode justificar o resultado obtido no presente trabalho para número de espigas e de grãos por metro quadrado de acordo com as densidades.

Tabela 22 – Número de espigas por metro quadrado das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013.

Espaçamentos entre fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê
	2013	
Simples	607 a	499 a
Pareado	482 b	607 a
Doses de fertilizante ($kg\ ha^{-1}$)		
150	539 a	565 a
100	550 a	540 a
CV _{parcela} (%)	20,66	28,99
CV _{subparcela} (%)	20,32	20,70

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 23 – Número de grãos por metro quadrado das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Espaçamentos entre fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis
	2013		2014
Simples	9.132 a	10.767 a	11.139 a
Pareado	6.997 b	12.809 a	11.273 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)			
150	8.091 a	12.067 a	11.936 a
100	8.038 a	11.509 a	10.476 b
CV parcela (%)	25,40	55,77	3,37
CV subparcela (%)	31,85	38,33	14,68

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); CV= coeficiente de variação.

Tabela 24 – Número de espigas por metro quadrado das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013.

Densidades de semeadura (m ²)	BRS-Elis	BRS-Cauê
	2013	
270	572	552
360	532	577
450	559	551
540	516	531
Regressão	ns	ns

ns: não significativo.

Tabela 25 – Número de grãos por metro quadrado das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidades de semeadura (m ²)	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis
	2013		2014
270	7.967	11.487	10.506
360	7.671	13.372	10.858
450	8.210	11.585	12.270
540	8.410	10.708	11.189
Regressão	ns	ns	ns

ns: não significativo.

Tabela 26 – Número de espigas por metro quadrado da cultivar de cevada BRS-Elis em função de espaçamentos entre fileiras. Ponta Grossa, 2014.

Espaçamentos entre fileiras	
Simples	593,51 a
Pareado	594,06 a
CV parcela (%)	6,53
CV subparcela (%)	11,41

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); CV= coeficiente de variação.

Figura 8 – Desdobramento da interação entre doses de fertilizante aplicadas na semeadura e densidades de semeadura para número de espigas por metro quadrado (ESP) da cultivar de cevada BRS-Elis. Ponta Grossa, 2014.

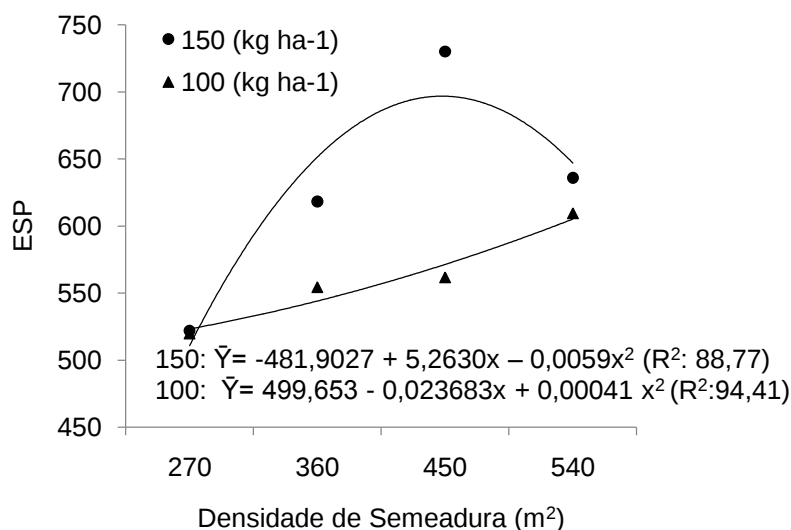


Tabela 27 – Desdobramento da interação entre espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura para número de espigas por metro quadrado da cultivar de cevada BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2014.

Espaçamentos entre fileiras	Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)	
	150	100
Simples	492,1 Aa	476,3 Aa
Pareado	467,5 Aa	403,6 Bb
CV parcela (%)	7,24	
CV subparcela (%)	9,57	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 28 – Desdobramento da interação entre espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura para número de grãos por metro quadrado da cultivar de cevada BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2014.

Espaçamentos entre fileiras	Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)	
	150	100
Simples	11154 Aa	10987 Aa
Pareado	11099 Aa	9106 Bb
CV parcela (%)	8,36	
CV subparcela (%)	10,09	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Figura 9 – Número de espigas por metro quadrado (ESP) da cultivar de cevada BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2014.

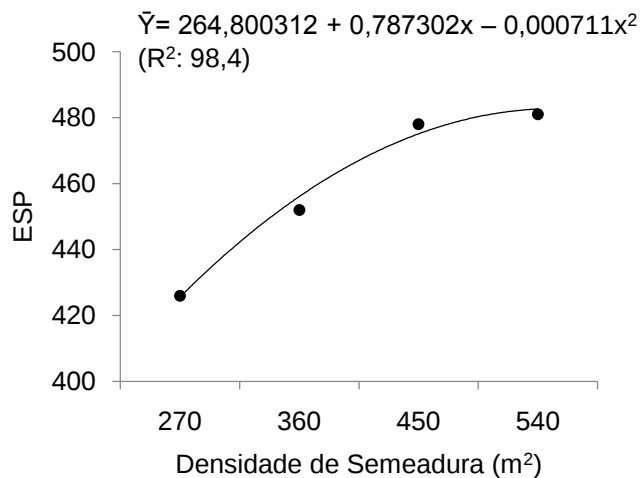
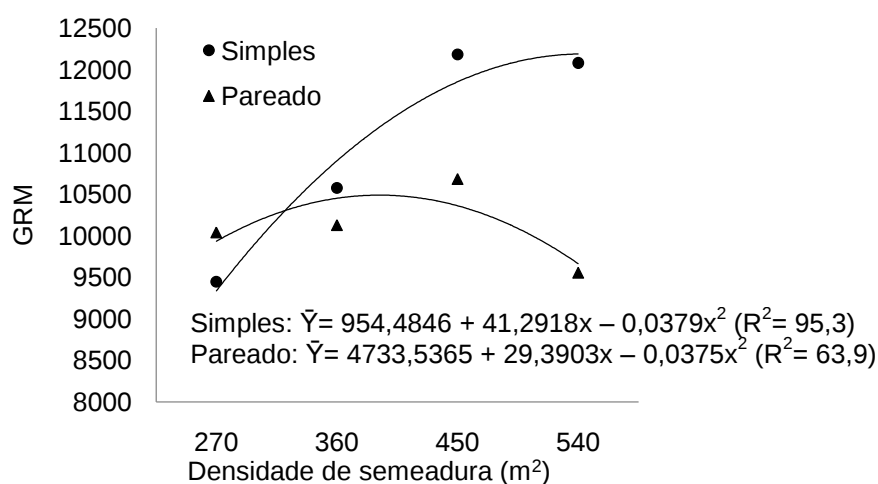


Figura 10 – Desdobramento da interação entre espaçamentos entre fileiras e densidades de semeadura para número de grãos por metro quadrado (GRM) da cultivar de cevada BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2014.



5.2.2 Massa de mil grãos e produtividade

As cultivares BRS-Elis e BRS-Cauê em 2013 resultaram em maior massa de mil grãos (MMG) no espaçamento simples e na maior dose de fertilizante, comparando-se com o espaçamento pareado e menor dose, respectivamente (Tabela 29). Já as densidades de semeadura não resultaram em respostas significativas de MMG para ambas cultivares (Tabela 30).

De acordo com Scharf; Alley e Fei (1993), a subfertilização de nitrogênio pode causar reduções consideráveis na produtividade de grãos, a qual é determinada pelo número de espigas área⁻¹, número de grãos espiga⁻¹ e massa dos

grãos, sendo que o nitrogênio afeta o valor de cada um destes componentes. Mesmo a área apresentando alto nível de fertilidade do solo, a maior dose de fertilizante beneficiou o enchimento de grãos das duas cultivares de cevada no ano de 2013, provavelmente devido ao nitrogênio, uma vez que este elemento apresenta alta solubilidade em água e mobilidade no solo.

No ano de 2014 o espaçamento entre fileira simples, comparando-se com o pareado, resultou em maior MMG da cultivar BRS-Elis, resultado semelhante ao observado no ano anterior (Tabela 29). Já as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura não resultaram em respostas significativas de MMG (Tabelas 29 e 30). Os espaçamentos entre fileiras, as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura não resultaram em respostas significativas de MMG para a cultivar BRS-Cauê em 2014 (Tabelas 29 e 30).

Em 2013 o espaçamento simples, em comparação com o pareado, resultou em maior produtividade da cultivar BRS-Elis, já as variações de doses de fertilizantes e de densidades de semeadura não resultaram em diferenças significativas de produtividade (Tabelas 31 e 32), indicando que apesar de a maior dose de fertilizante ter proporcionado maior largura e comprimento das folhas bandeira, bandeira-1 e bandeira-2, não foi suficiente para se refletir em maior produtividade.

A produtividade da cultivar BRS-Cauê em 2013 foi maior no espaçamento entre fileiras simples e na maior dose de fertilizante, porém as densidades de semeadura não influenciaram de maneira significativa na produtividade (Tabelas 31 e 32). Em 2013 a maior produtividade da cultivar BRS-Elis no espaçamento simples pode estar relacionada a maior MMG, número de espigas por metro quadrado e número de perfilhos obtidas nesse arranjo espacial, comparando-se com o pareado.

A produtividade da cultivar BRS-Elis em 2014 não resultou em resposta diferencial conforme os espaçamentos entre fileiras, sendo esse resultado diferente do obtido em 2013 (Tabela 31). Essa resposta distinta entre os anos pode ser devido as características climáticas claramente distintas de um ano para o outro, as quais em 2013 foram caracterizadas por temperaturas mais elevadas que no ano de 2014, refletindo em menor duração de ciclo da cultura.

Entre as doses de fertilizantes, a dose mais alta proporcionou maior produtividade de grãos (Tabela 31). De acordo com Texeira e Rodrigues (2003) é

notório que o nitrogênio é um dos elementos mais importantes para o desenvolvimento em cereais e normalmente determina respostas significativas em termos de produtividade de grãos, o que justifica a resposta diferencial de produtividade da cultivar BRS-Elis conforme as doses de fertilizantes comparadas. As densidades de semeadura não resultaram em resposta significativa de produtividade na cultivar BRS-Elis em 2014 (Tabelas 31 e 32).

No ano de 2014 o espaçamento simples resultou em maior produtividade comparando-se com o pareado para a cultivar BRS-Cauê, resposta semelhante à obtida no ano anterior (Tabela 31). As doses de fertilizantes não alteraram significativamente a produtividade, assim como as densidades de semeadura (Tabelas 31 e 32).

O espaçamento simples comparando-se com o pareado resultou em maior produtividade da cultivar BRS-Cauê nos dois anos de cultivo, provavelmente devido a maior MMG obtida nesse arranjo espacial. Sabe-se que no espaçamento pareado, a exclusão de uma fileira de semeadura a cada duas semeadas proporciona maior incidência de radiação solar principalmente nas partes das plantas mais próximas ao solo, porém nesse arranjo ocorre maior competição intraespecífica entre as plantas na fileira de semeadura, o que provavelmente prevaleceu na menor produtividade de grãos no arranjo pareado. Senger (2013) e Texeira e Rodrigues (2003) observaram maior produtividade da cultura da cevada no espaçamento pareado, porém em respectivos trabalhos os autores utilizaram densidades de semeaduras diferenciais entre os arranjos espaciais, o que pode ter influenciado na divergência de resposta com o presente trabalho, no qual as densidades de semeadura foram as mesmas nos arranjos simples e pareado, o que determinou maior população de plantas na fileira do pareado em comparação com o simples.

Tabela 29 – Massa de mil grãos das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014. (Continua)

Espaçamentos entre fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(g) 2013		(g) 2014	
Simples	47,4 a	44,3 a	43,13 a	42,6 a
Pareado	45,3 b	42,5 b	41,74 b	43,1 a
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)				
150	47,0 a	44,0 a	43,10 a	43,0 a
100	45,8 b	42,8 b	41,78 a	42,7 a

(Conclusão)

CV _{parcela} (%)	3,52	3,40	3,22	5,87
CV _{subparcela} (%)	3,55	3,59	6,58	8,33

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 30 – Massa de mil grãos das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidades de semeadura (m ²)	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(g) 2013		(g) 2014	
270	46,5	44,7	43,09	43,3
360	46,8	43,2	42,99	42,4
450	47,1	43,9	41,59	42,0
540	45,1	41,7	42,09	43,7
Regressão	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo.

Tabela 31 – Produtividade das cultivares BRS-Elis e BRS-Cauê em função de espaçamentos entre fileiras e doses de fertilizante aplicadas na semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Espaçamentos entre fileiras	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(kg ha ⁻¹) 2013		(kg ha ⁻¹) 2014	
Simplex	3.135 a	3.211 a	1.791 a	2.019 a
Pareado	2.359 b	2.855 b	1.772 a	1.711 b
Doses de fertilizante (kg ha ⁻¹)				
150	2.707 a	3.359 a	1.901 a	1.955 a
100	2.786 a	2.707 b	1.662 b	1.775 a
CV _{parcela} (%)	15,58	12,27	16,98	11,10
CV _{subparcela} (%)	15,91	19,35	15,00	20,68

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, dentro de cada fator (espaçamento e adubação) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

Tabela 32 – Produtividade das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê em função de densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidades de semeadura (m ²)	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
	(kg ha ⁻¹) 2013		(kg ha ⁻¹) 2014	
270	2.761	3.035	2.053	1.911
360	2.757	3.050	1.855	1.949
450	2.699	3.147	1.496	1.847
540	2.769	2.901	1.722	1.753
Regressão	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo.

5.3 CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DOS GRÃOS

As características qualitativas dos grãos, teor de proteína bruta e capacidade germinativa foram analisadas comparando-se as médias obtidas com os valores padrões exigidos pelas maltarias, que são 12% de teor de proteína bruta e 95% de poder germinativo dos grãos.

5.3.1 Teor de proteína bruta

O conteúdo de proteína na cevada é importante pois esse irá impactar diretamente nos resultados de qualidade da cerveja (KUNZE, 2004). Por exemplo, para a fabricação de cervejas escuras necessita-se maior teor proteico e de cervejas claras, valores menores (TSCHOPE; NOHEL, 1999).

O excesso de proteínas nos grãos resulta em menor teor de amido e, conseqüentemente, de carboidratos fermentescíveis (FLORIANI, 2002). A menor quantidade de carboidratos aumenta o tempo de maltagem para que ocorram as modificações necessárias neste processo. Além disso, o excesso de proteínas no grão aumenta as quantidades de proteínas solúveis no malte e no mosto, resultando em cerveja de baixa estabilidade (FLORIANI, 2002).

De acordo com a legislação brasileira, para a produção de malte os limites mínimo e máximo de proteínas desejados para cevada cervejeira atingir os parâmetros de qualidade são de 9,5 e 12%, respectivamente (BRASIL, 1996).

Nos dois anos de cultivo, 2013 e 2014, os grãos das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê apresentaram teor de proteína bruta igual ou inferior a 12%, com média de 11% de proteína bruta, o que os caracterizam como classificados para maltagem (Tabela 33). A alta fertilidade do solo, principalmente de nitrogênio, não elevou o teor de proteína do grão a ponto de desclassificá-lo para maltagem. De acordo com Rattunde e Frey (1986), o nitrogênio está diretamente ligado ao teor de proteína nos grãos de cevada e à instabilidade da cerveja. Além disso, segundo Silva e Andrade (1985) e Guerra; Silva e Azevedo (1987), essas características também dependem das condições hídricas do solo, o que pode gerar grandes oscilações de porcentagem de proteína, desde valores muito baixos, em torno de 7 a 8%, até valores acima de 12%.

Lauer e Partridge (1990) observaram que com a aplicação de elevadas doses de nitrogênio, 134 e 202 kg ha⁻¹, houve aumento dos teores de

proteínas nos grãos de cevada, resultado divergente do observado no presente trabalho, provavelmente porque os autores citados avaliaram doses de nitrogênio mais elevadas do que as adotadas no presente trabalho.

Tabela 33 – Porcentagem de proteína bruta dos grãos das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Tratamento	2013		2014	
	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
Espaçamento simples – 150 kg ha ⁻¹ - 270 sementes m ⁻²	11	11	11	11
Espaçamento simples - 150 kg ha ⁻¹ - 360 sementes m ⁻²	12	10	10	12
Espaçamento simples - 150 kg ha ⁻¹ - 450 sementes m ⁻²	12	11	10	11
Espaçamento simples - 150 kg ha ⁻¹ - 540 sementes m ⁻²	11	11	11	11
Espaçamento simples - 100 kg ha ⁻¹ - 270 sementes m ⁻²	11	11	10	11
Espaçamento simples - 100 kg ha ⁻¹ - 360 sementes m ⁻²	11	10	10	12
Espaçamento simples - 100 kg ha ⁻¹ - 450 sementes m ⁻²	11	11	11	10
Espaçamento simples - 100 kg ha ⁻¹ - 540 sementes m ⁻²	12	10	11	11
Espaçamento pareado - 150 kg ha ⁻¹ - 270 sementes m ⁻²	11	11	12	12
Espaçamento pareado - 150 kg ha ⁻¹ - 360 sementes m ⁻²	11	11	11	11
Espaçamento pareado - 150 kg ha ⁻¹ - 450 sementes m ⁻²	12	11	11	11
Espaçamento pareado - 150 kg ha ⁻¹ - 540 sementes m ⁻²	11	11	11	12
Espaçamento pareado - 100 kg ha ⁻¹ - 270 sementes m ⁻²	11	11	11	12
Espaçamento pareado - 100 kg ha ⁻¹ - 360 sementes m ⁻²	11	10	12	12
Espaçamento pareado - 100 kg ha ⁻¹ - 450 sementes m ⁻²	11	11	11	11
Espaçamento pareado - 100 kg ha ⁻¹ - 540 sementes m ⁻²	11	11	12	10
Médias	11	11	11	11

Método de Kjeldahl.

5.3.2 Capacidade germinativa

A determinação da capacidade germinativa é feita através do método denominado Vitascope, que consiste na redução do sal incolor Tetrazolio para formação de coloração avermelhada nos grãos. Essa reação é catalisada pelas oxido-redutases, ou seja, só ocorre em grãos vivos (ZSCHOERPER, 2009).

Um valor padrão para capacidade germinativa é de 95% (TSCHOPE; NOHEL, 1999). Durante a germinação do grão de cevada para a produção do malte ocorre a modificação do endosperma que consiste em mudanças físico-químicas e estruturais como hidrólises das proteínas e do amido, degradação das paredes celulares do endosperma, síntese e transporte de enzimas e desta transformação depende em grande parte a qualidade do malte (GIBBONS et al.,

1988). Quando o poder de germinação é abaixo de 95%, a modificação do endosperma é afetada negativamente, já que as sementes viáveis podem não ter a capacidade de germinação imediata, ocasionando em falta de homogeneidade na germinação de todos os grãos envolvidos no processo de maltagem (PROUDLOVE; DAVIES; MCGILL, 1990).

Nos dois anos de pesquisa, 2013 e 2014, os grãos das cultivares BRS-Elis e BRS-Cauê apresentaram a maioria das médias de capacidade germinativa superior a 95%, sendo classificadas para maltagem (Tabela 34).

Segundo Bamforth e Barclay (1993), a capacidade germinativa do grão de cevada pode ser reduzida devido ao armazenamento ou processo de colheita deficiente, além de a temperatura acima da ótima de germinação durante a secagem também prejudicar a poder germinativo. Porém, no presente trabalho, os fatores prejudiciais citados pelos autores acima não afetaram essa qualidade dos grãos da cevada, uma vez que se manteve dentro do nível de aceitação pelas indústrias cervejeiras.

Tabela 34 – Capacidade germinativa dos grãos das cultivares de cevada BRS-Elis e BRS-Cauê. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Tratamento	2013		2014	
	BRS-Elis	BRS-Cauê	BRS-Elis	BRS-Cauê
Espaçamento simples - 150 kg ha ⁻¹ - 270 sementes m ⁻²	97	98	95	95
Espaçamento simples - 150 kg ha ⁻¹ - 360 sementes m ⁻²	95	97	97	97
Espaçamento simples - 150 kg ha ⁻¹ - 450 sementes m ⁻²	95	98	96	96
Espaçamento simples - 150 kg ha ⁻¹ - 540 sementes m ⁻²	96	95	95	95
Espaçamento simples - 100 kg ha ⁻¹ - 270 sementes m ⁻²	95	97	98	96
Espaçamento simples - 100 kg ha ⁻¹ - 360 sementes m ⁻²	95	99	95	96
Espaçamento simples - 100 kg ha ⁻¹ - 450 sementes m ⁻²	97	97	95	95
Espaçamento simples - 100 kg ha ⁻¹ - 540 sementes m ⁻²	98	95	96	95
Espaçamento pareado - 150 kg ha ⁻¹ - 270 sementes m ⁻²	95	96	98	98
Espaçamento pareado - 150 kg ha ⁻¹ - 360 sementes m ⁻²	97	97	95	94
Espaçamento pareado - 150 kg ha ⁻¹ - 450 sementes m ⁻²	95	98	97	96
Espaçamento pareado - 150 kg ha ⁻¹ - 540 sementes m ⁻²	98	96	95	95
Espaçamento pareado - 100 kg ha ⁻¹ - 270 sementes m ⁻²	96	99	96	97
Espaçamento pareado - 100 kg ha ⁻¹ - 360 sementes m ⁻²	95	98	95	96
Espaçamento pareado - 100 kg ha ⁻¹ - 450 sementes m ⁻²	99	95	96	95
Espaçamento pareado - 100 kg ha ⁻¹ - 540 sementes m ⁻²	98	95	95	96
Médias	96	97	96	96

6 CONCLUSÃO

- O espaçamento entre fileiras simples promoveu maior produtividade comparando-se com o pareado, concluindo-se que o arranjo espacial com fileiras pareadas não é um arranjo espacial com resultados positivos consolidados na cultura da cevada.

- A dose de 150 kg ha⁻¹ da formulação 08-30-10 promoveu maior produtividade de que a dose de 100 kg ha⁻¹ para uma das cultivares nos dois anos de trabalho, porém sem interação com o arranjo espacial, concluindo-se que não se deve reduzir a dose de fertilizante, independente do arranjo espacial adotado.

- As densidades de semeadura resultaram em produtividades semelhantes, sem interação com os espaçamentos entre fileiras. Dessa forma, a densidade de semeadura de 270 plantas por metro quadrado deve ser a utilizada independente do espaçamento entre fileiras, uma vez que resulta em menor custo de implantação da lavoura.

- Com a aplicação dos tratamentos nas cultivares BRS-Elis e BRS-Cauê, a capacidade germinativa e o teor de proteína nos grãos permaneceram dentro dos níveis de aceitação exigidos pelas maltarias que é 95% e 12%, respectivamente.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, L. **Danos e controle químico da mancha marrom e do oídio da cevada**. 2011. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção vegetal) – CAV, Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2011.

ALMEIDA, M.L. de; SANGOI, L.; ENDER, M.; TRENTIN, P.S. Determinação do momento da emissão de perfilhos de trigo usando suplementação com luz vermelha e luz vermelha extrema. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n.1, p.89-97, 2000.

ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B.M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, cap.1, p.1-18, 1986.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário estatístico setor de fertilizantes**. 2001. 156p.

BAMFORTH, C. W.; BARCLAY, A.H.P. **Malting Technology and the uses of malt**. In: MACGREGOR, A.W.; BHATTY, R.S. Barley: Chemistry and Technology. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, p. 297-332, 1993.

BONATO, G.O.; NARDINO, M.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A.J. de; CARVALHO, I.; BELLE, R.; SOUZA, V.Q. de. **Respostas de três caracteres a diferentes espaçamentos e densidades de semeadura na cultura do trigo**. In: XVII SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENÃO. Santa Maria, 2012.

BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV. 1999. 546p.

BOTHMER, R.V.; JACOBSEN, N. **Melhoramento de cevada**. In: BORÉM, A. Melhoramento de plantas. Viçosa: UFV, p.253-270, 1998.

BRASIL. **Portaria n.º 691, de 22 de novembro de 1996**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.claspar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/cevadaindus691_96.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

CAEIRÃO, E.; MINELLA, E.; ANTUNIAZZI, N. MN 716: nova cultivar de cevada com estabilidade de produção e qualidade cervejeira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.1063-1065, 2006.

CANDOLLE, A. de. **Origin of cultivated plants**. 2. ed. New York: Noble, 1959. 468 p.

COLLINS, R.; BUCK, S.; REID, D.; SPACKMAN, G. Manipulating row spacing to improve yield reliability of grain sorghum in central Queensland. In: Thirteenth Australian Agronomy Conference, 2006, Australia. **Proceedings...** Australia: Perth, p. 10-14, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos - Safra 2014/15 – Décimo primeiro levantamento**, v.2, n.11, Brasília, p. 1-101, 2015.

DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. **Advances in Agronomy**, v.28, p.351-405, 1976.

DOURADO NETO, D.; MARCOS PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.63-77, 2003.

EBLINGER, H.; NARZIB, L. **Beer in: Encyclopedia of Industry Chemistry**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2012. 156p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2006. 306 p.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. **Analítica EBC**. Zurich: Brauerei - und getränke-roudschau, ed. 5, 1998.

EVANS, L.T.; WARDLAW, I.F.; FISHER, R.A. Wheat. In: EVANS, L.T. (Ed.). **Crop physiology**. Londres: Cambridge Univ. Press. P. 101-149, 1980.

FERNANDES, E.C. **População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo**. 2009. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

FIXEN, P.E.; BUCHENAU, G.W.; GELDERMAN, R.H.; SCHUMACHER, T.E.; GERWING, J.R.; CHOLICK, F.A.; FARBER, B.G. Influence of soil and applied chloride on several wheat parameters. **Agronomy Journal**, v.78, p.736-740, 1986.

FLORIANI, A.P. **Cevada cervejeira: características bioquímicas**. UFRGS, Porto Alegre, maio 2002. Online. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/Alimentus/feira/mpcerea/cevada%20cervejeira/t20bioqui.htm>>.

FONTOURA, S.M.V.; MORAES, P.R. Efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura e da densidade de plantas no rendimento de grãos de cevada. In: XXII REUNIÃO

ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 2002. **Anais e ata...** Passo Fundo, RS, p. 484-489, 2002.

FONTOURA, S.M.V.; VIEIRA, R.C.B.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; MORAES, P.R. Eficiência técnica de fertilizantes fosfatados em latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.6, p.1907-1914, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food outlook**: biannual report on global food markets. Rome: FAO, 2014. 134p.

GALON, L.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.F.; VARGAS, L.; SILVA, A.A.; FERREIRA, E.A.; MINELLA, E.; SOARES, E.R.; FERREIRA, F.A. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 4, p. 771-781, 2011.

GIBBONS, G.C.; JENSEN, S.A.; AASTRUP, S.; GUILDAL, T.; OLSEN, G.; DAMSTRUP, J. Practical application of fluorescent seed-analysis systems in a commercial malthouse. **American Society of Brewing Chemists Journal**, v. 41, n. 4, p.117-120, 1988.

GUERRA, A.F.; SILVA, E.M. da; AZEVEDO, J.A. de. Estabelecimento do momento de irrigação em trigo e cevada baseado em níveis de tensão de água em Latossolo dos Cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985**. Planaltina, p.227-231, 1987.

HILGEMBERG, P. **Densidades de semeadura e reguladores de crescimento afetando o trigo**. 2010. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2010.

JACOBSEN, J.V.; PEARCE, D.W.; POOLE, A.T.; PHARIS, R.P.; MANDER, L.N. Absciscic acid, phaseic acid and gibberellin contents associated with dormancy and germination in barley. **Physiologia Plantarum**, v.115, p.428-441, 2002.

KARLEN, D.E.; SADLER, E.J.; CAMP, C.R. Dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium accumulation rates by corn on Norfolk loamy Sandy. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, p.649-656, 1987.

KENDRICK, R.E.; KERCKHOFFS, L.H.J.; PUNDSNES, A.S.; TUINEN, A.V.; KOORNNEEF, M.; NAGATANI, A.; TERRY, M.J.; TRETYN, A.; PRATT, M.M.C.; HAUSER, B.; PRATT, L.H. Photomorphogenic mutants of tomato. **Biochemical Society Symposia**, v. 60, p. 249-256. 1994.

KJELDAHL, J. A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. **Zeitschrift für Analytische Chemie**, v. 22, p.366-382, 1883.

KUNZE, W. **Technology of Brewing and Malting**. Terceira edição. Editora Westkreuz-Druckerei Ahrens KG., Berlin, 2004. 948p.

LAUER, J.G.; PARTRIDGE, J.R. Planting date and nitrogen rate effects on spring malting barley. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.6, p.1083-1088, 1990.

LUNARDI, L. **Cevada BRS-Elis: Tipo agrônômico, alto potencial de rendimento e qualidade de malte**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 2009. 2p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 238 p.

MINELLA, E. **Cevada BRS-Cauê: Tipo agrônômico, alto potencial de rendimento e qualidade de malte**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 2009. 2p.

_____. **Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2013 e 2014**. In: XXIX REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CEVADA. Passo Fundo, 2013. 107p.

_____. **Indicações técnicas pra produção de cevada cervejeira: safras 2003 e 2004**. In: XVIII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. Passo Fundo, 2003. 32p.

MINELLA, E.; LUNARDI, L. **Cevada BRS-Cauê: tipo agrônômico, alto potencial de rendimento e qualidade de malte**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 17p.

MOHLER C. L. Enhancing the competitive ability of crops. **Ecological Management of Agricultural Weeds**. – Cambridge, UK, p. 231 – 269, 2001.

MORI, C. de. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Passo Fundo, p.5-10, 2012.

MORI, C. de; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 28 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 139). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.pdf>.

NAKAGAWA, J.; CRUSCIOL, C.A.C.; ZUCARELI, C. Teores de nutrientes da folha bandeira e grãos de aveia-preta em função da adubação fosfatada e potássica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 833-840, 2009.

NICIPOROVIC, A.A. Photosynthesis and theory of obtaining high crop yields. **Field Crop Abstracts**, v.13, p.169-175, 1960.

O'DONOVAN, J.T.; TURKINGTON, T.K.; EDNEY, M.J.; JUSKIW, P.E.; MCKENZIE, R.H.; HARKER, K.N.; CLAYTON, G.W.; LAFOND, G.P.; GRANT, C.A.; BRANDT, S.; JOHNSON, E.N.; MAY, W.E.; SMITH, E. Effect of seeding date and seeding rate on malting barley production in western Canada. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 92, p. 321-330, 2012.

PALMER, J. J. How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First Time. **Brewers Publications**, 2006.

PERUZZO, G. Efeito de nitrogênio no rendimento de grãos de quatro genótipos de cevada, em 2000. XXI REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. **Anais e Ata...** Passo Fundo, RS, v. 2, p. 599 - 604, 2001.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

PROUDLOVE, M.O.; DAVIES, N.L.; MCGILL, W. Quality requirements for malting barley and their measurement. **Ferment**, v. 3, n. 3, p.173-176, 1990.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RATTUNDE, H.F.; FREY, K.J. Nitrogen harvest index in oats: its repeatability and association with adaptation. **Crop science**, Madison, v.26, n.3, p. 606-610, 1986.

REID, D.A.; WIEBE, G.A. Taxonomy, botany classification and world collection. Barley: Origin, botany, culture, winterhardiness, benetics, utilization, pests. **USDA agriculture handbook**, n.338, p.79-104, 1979.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; TEIXEIRA, M.C.C.; ROMAN, E.S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. (Circular técnica, 14).

RODRIGUES, O.; VARGAS, R. **Efeito de redutor de crescimento cycocel e de altas doses de adubação nitrogenada em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 23 p.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P.R.F. da; SCHMITT, A.; VARGAS, V.P.; CASA, R.T.; SOUZA, C.A. de. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.6, p.609-616, 2011.

SAVIN, R.; AGUINAGA, A. Los requerimientos de la industria: calidad commercial e industrial y sus determinantes. In: MIRALLES, D.J.; BENECH-ARNOLD, R.L.; ABELEDO, G. **Cebada cervecera**. Buenos Aires: Gráfica, p.205-240, 2011.

SCHARF, P.C.; ALLEY, M.M.; FEI, Y.Z. Spring nitrogen on winter wheat: I. Farmer Field validation of tissue test-based rate recommendations. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.6, p.1181-1186, 1993.

SCHIMITT, E.; MINELLA, E.; LUIZ, A. R. M. **Estabelecimento de densidade inicial de plantas de cevada cervejeira na cultivar BRS 195**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N. de; MAIA, M. de S. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II. Desempenho e utilização de nitrogênio. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p. 305-312, 2000.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Investimentos do setor cervejeiro estimulam produção de cevada**. Curitiba: SEAB, 2015. Disponível em: <<http://www.casacivil.pr.gov.br/2015/07/85116,10/Investimentos-do-setor-cervejeiroestimulam-producao-de-cevada-.html>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

SENGER, M. **Arranjo e populações de plantas e sua influência em características agronômicas e na produtividade de trigo e cevada**. 74 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2013.

SHARMA, P.; GUJRAL, H.S. Milling behavior of hulled barley and its thermal and pasting properties. **Journal of Food Engineering**, v. 97, p. 329-334, 2010.

SILVA, A.R.; ANDRADE, J.M.V. A cultura de cevada na estação seca com irrigação nos Cerrados do DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.4, n.3, p.305-316, 1985.

SILVA, D.B. WETZEL, M.V. GOEDERT, C.O. AMABILE, R.F. Intercâmbio e conservação de germoplasma de cevada a longo prazo no Brasil. **Magistra**, v. 19, n. 4, p. 399-403, 2007.

STEWART, D.W.; COSTA, C.; DWYER, L.M.; SMITH, D.L.; HAMILTON, R.I.; MA, B.L. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. **Agronomy Journal**, v.95, p.1465-1474, 2003.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A. A.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. **Scientia Agrícola**, v.65, p.346-353, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, p.449-484, 2004.

TEIXEIRA, M.C.C.; RODRIGUES, O. Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2003.

TEIXEIRA, M.C.C.; RODRIGUES, O.; WOLF, W.M. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio no acamamento e características de cevada. XIII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. **Anais e ata...** Passo Fundo, RS. p. 359 - 365, 2003.

TSCHOPE, E.C.; NOHEL, F. A malteação da cevada. Vassouras: Senai, RJ, 1999. 272p.

ULLRICH, S. E. Significance, adaptation, production, and trade of barley. In: Ullrich SE (ed) **Barley: production, improvement, and uses**. Wiley-Blackwell, Ames, p. 3-13, 2011.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**, Foreign Agricultural Service: Circular Series WAP 8-15, 2015. 27 p. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2015.

VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, cap. 15, p. 347-382, 2005.

_____. **Tecnologia de cerveja**. Jaboticabal: Funep, 2000. 83 p.

VIANA, E.M. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo**. 2007. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VIEGA, L.; KEMANIAN, A.A.; GONZÁLEZ, S.; OLIVO, N.; MERONI, G. Factores que afectan el número de granos por espiga em cebada cervecera. XXI REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. **Anais e ata...** Passo Fundo, RS, v. 1, p. 173 - 177, 2001.

WAMSER, A.F.; MUNDSTOCK, C.M. Adubação nitrogenada em estádios fenológicos de cevada, cultivar “MN 698”. **Ciência Rural**, v.37, n.04, p. 942 - 948, 2007.

WENDLING, A. **Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

WETZEL, M.M.V.S.; FERREIRA, F.R. Sistema de curadorias de germoplasma. In: NASS, L.L. **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.121-144, 2007.

WOBETO, C. **Padrão de perfilhamento, sobrevivência de perfilhos e suas relações com o rendimento de grãos em trigo**. 1994. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

YALÇIN, E.; ÇELİK, S.; AKAR, T.; SAYIM, I.; KÖKSEL, H. Effects of genotype and environment on b-glucan and dietary fiber contents of hull-less barley grown in Turkey. **Food Chemistry**, v. 101, p. 171-176, 2007.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.471-476, 2002.

ZOHARY, D.; HOPF, M. **Domestication of plants in the Old World**: the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley. 3. Ed. Oxford: Oxford University Press, 2001. 328 p.

ZSCHOERPER, O.P. **Apostila curso cervejeiro e malteador – AMBEV**. Porto Alegre: Ambev, 2009. 71p.