

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EFEITO DO GENÓTIPO, AMBIENTE E SUAS  
INTERAÇÕES EM CARACTERÍSTICAS  
AGRONÔMICAS E DE QUALIDADE EM CEVADA  
CERVEJEIRA NO SUL DO BRASIL**

**DANIEL ZANCANARO BOROWSKI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, abril de 2012.

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EFEITO DO GENÓTIPO, AMBIENTE E SUAS  
INTERAÇÕES EM CARACTERÍSTICAS  
AGRONÔMICAS E DE QUALIDADE EM CEVADA  
CERVEJEIRA NO SUL DO BRASIL**

**DANIEL ZANCANARO BOROWSKI**

**Orientador: Prof. Magali Ferrari Grando, Ph.D.**

**Co-orientador: Euclides Minella, Ph.D.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, abril de 2012.



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

"Efeito do genótipo, ambiente e suas interações em características  
agronômicas e de qualidade em cevada cervejeira no Sul do Brasil"

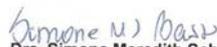
Elaborada por

DANIEL ZANCANARO BOROWSKI

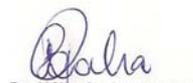
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em  
Agronomia – Área de Produção Vegetal

Aprovada em: 30/04/2012  
Pela Comissão Examinadora

  
Dra. Magali Ferrari Grando  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientadora

  
Dra. Simone Meredith Scheffer Basso  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

  
Dr. Euclides Minella  
Embrapa Trigo  
Coordenador

  
Dr. Hélio Carlos Rocha  
Diretor FAMV

  
Dra. Lizete Augustin  
FAMV/UPF

  
Dr. Juliano Luiz de Almeida  
FAPA - Agrárias

CIP – Catalogação na Publicação

---

- B736e Borowski, Daniel Zancanaro  
Efeito do genótipo, ambiente e suas interações em características agrônomicas e de qualidade em cevada cervejeira no sul do Brasil / Daniel Zancanaro Borowski. – 2012.  
106 f. : il., color. ; 25 cm.
- Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Magali Ferrari Grando, Ph.D.  
Coorientador: Prof. Euclides Minella, Ph.D.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2012.
1. Cevada – Cultivo. 2. Genética vegetal. 3. Malte.  
I. Grando, Magali Ferrari, orientadora. II. Minella, Euclides, coorientador. III. Título.

CDU: 633.16

---

Catálogo: Bibliotecária Schirlei T. da Silva Vaz - CRB 10/1569

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a vida, aos meus Pais, Airton e Pia Elena, a quem devo tudo o que sou, a minha avó Luci Zancanaro que nunca mediu esforços para me ajudar em tudo o que precisei e a minha grande companheira Renata, pelo amor e paciência. Foi com a ajuda deles que pude chegar até aqui.

Gostaria de agradecer a Cia de Bebidas das Américas pelo apoio na realização de todo o trabalho. A Universidade de Passo Fundo (UPF), por todo apoio nestes últimos dois anos de aprendizagem.

Com muito carinho e admiração agradeço a minha orientadora, Prof. Ph.D Magali Ferrari Grando, que me recebeu de braços abertos quando a procurei para que fosse minha tutora, pelo constante apoio, amizade, conhecimentos a mim desprendidos durante estes dois anos de convivência e compreensão quando tive dificuldades. Ao meu co-orientador, Ph.D Euclides Minella, por todo apoio a mim dispensado. Agradeço também com muito carinho ao colega José Bruno Dalla Lana que esteve presente ajudando durante todo o período do experimento. Pois sem a ajuda deles, não seria possível o andamento e a conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	x
RESUMO.....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	20
2.1 Origem da cevada.....	20
2.2 Classificação botânica da cevada .....	21
2.3 Modo de reprodução da cevada.....	21
2.4 Características do grão de cevada .....	22
2.5 Qualidade de malte .....	24
2.6 Melhoramento genético .....	27
2.7 Componentes do rendimento .....	32
2.8 Interação genótipo x ambiente .....	34
2.8.1 Efeito da interação genótipo x ambiente nas características agrônomicas e na qualidade de malte de cevada.....	37
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	39
3.1 Cultivares .....	41
3.2 Delineamento experimental .....	42
3.3 Condução e manejo dos ensaios.....	42
3.4 Variáveis analisadas .....	44
3.4.1 Rendimento e seus componentes .....	44
3.4.1.1 Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ).....	44
3.4.1.2 Número de espigas m <sup>-2</sup> .....	44
3.4.1.3 Número de grãos espiga <sup>-1</sup> .....	44
3.4.1.4 Número de grãos m <sup>-2</sup> .....	44
3.4.1.5 Peso de mil grãos (g).....	44
3.4.2 Qualidade de cevada.....	45
3.4.2.1 Poder germinativo (%) .....	45
3.4.2.2 Teor de proteína (%) .....	45
3.4.3 Qualidade malte .....	45
3.4.3.1 Teor de β-glucanos (ppm) .....	46
3.4.3.2 Teor de extrato moagem fina (%) .....	46
3.4.3.3 Teor de amino nitrogênio livre (FAN) (ppm)...	47
3.4.4 Ranking de qualidade de malte .....	47

3.4.5 Análise estatística.....	48
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>48</b>
4.1 Avaliação do rendimento e seus componentes .....	49
4.2 Qualidade de cevada.....	62
4.3 Qualidade de malte.....	68
4.4 Ranking de qualidade de malte .....	73
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>78</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>
<b>7 APÊNDICES.....</b>	<b>88</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabelas</b>		<b>Página</b>
1	Características dos locais utilizados para avaliação de cultivares de cevada na safra 2010/2011.....	40
2	Dados médios de ciclo (dias), altura (cm) e reação às principais moléstias e genealogia das diferentes cultivares de cevada.....	41
3	Atividades de manejo realizadas nos experimentos, relacionando locais, doses, estádios e datas de execução.....	43
4	Rendimento médio de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010.....	50
5	Número médio de espigas $\text{m}^{-2}$ , por cultivar de cevada, obtido em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010.....	52
6	Número médio de grãos espiga <sup>-1</sup> , por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010.....	54
7	Peso médio de mil grãos (g), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010.....	55
8	Número de grãos $\text{m}^{-2}$ , por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010.....	57
9	Coeficientes de correlação entre o rendimento de grãos e seus componentes, em cevada, obtidos em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010.....	58
10	Teores médios de proteínas (%) nos grãos, por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos	

	(JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010.....	63
11	Poder germinativo (%) dos grãos, por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010.....	65
12	Teores médios de $\beta$ -glucanos (ppm), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC) e Lagoa Vermelha (LV), 2010.....	69
13	Teores médios de extrato (%), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC) e Lagoa Vermelha (LV), 2010.....	71
14	Teores médios de amino nitrogênio livre (FAN), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC) e Lagoa Vermelha (LV), 2010.....	72
15	Ranking médio da qualidade de malte (extrato, $\beta$ -glucanos, FAN), por cultivar de cevada, obtido em Júlio de Castilhos, 2010.....	73
16	Ranking médio da qualidade de malte (extrato, $\beta$ -glucanos, FAN), por cultivar de cevada, obtido em Lagoa Vermelha, 2010.....	74
17	Efeito do genótipo, do ambiente e da interação genótipo x ambiente em cevada, para os diferentes parâmetros avaliados, 2010.....	76

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Grão da cevada. (A) camadas do grão de cevada; (B) espiga da cevada com corte transversal; (C) partes do grão de cevada.....	23
2	Fluxograma indicando os sub-componentes que formam o rendimento em cevada.....	33
3	Mapa do Rio Grande do Sul indicando os locais de instalação dos experimentos de cevada.....	40
4	Relação do número médio de grãos $m^{-2}$ de cevada com rendimento médio de grãos ( $kg\ ha^{-1}$ ), a partir das verificações efetuadas em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010.....	60
5	Relação do peso médio de mil grãos (g) de cevada com rendimento médio de grãos ( $kg\ ha^{-1}$ ), a partir das verificações efetuadas em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010.....	60
6	Relação do número médio de espigas $m^{-2}$ de cevada com o número médio de grãos $m^{-2}$ , a partir das verificações efetuadas em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010.....	61
7	Relação do número de grãos espiga <sup>-1</sup> de cevada com o número médio de grãos $m^{-2}$ , a partir das verificações efetuadas em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010.....	61

**EFEITO DO GENÓTIPO, AMBIENTE E SUAS INTERAÇÕES  
EM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DE  
QUALIDADE EM CEVADA CERVEJEIRA NO SUL DO  
BRASIL**

**RESUMO** - A cevada é um cereal de inverno que ocupa a quarta posição em ordem de importância econômica no mundo. Na Europa e América do Norte é uma cultura com múltiplos propósitos, utilizada pela indústria cervejeira, de ração animal e pela indústria de alimentação humana. No Brasil, como existem alternativas com menor custo de produção para alimentação animal e humana, mais de 95% da cevada é cultivada para fins cervejeiros. Este fato faz com que os programas de melhoramento genético de cevada no Brasil tenham a qualidade cervejeira como foco de pesquisa, pois a mesma é determinante no lançamento de uma nova cultivar. Atualmente observam-se variações indesejáveis na qualidade cervejeira da cevada produzida no Brasil. Dentre as principais causas desta variação destacam-se a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis, por altos índices de precipitação pluviométrica no momento da colheita e geadas tardias, que depreciam a qualidade do produto. Para a indicação de cultivares mais adequadas para cada região, minimizando problemas de qualidade e potencializando o rendimento de grãos, foi realizado este estudo visando avaliar o efeito do genótipo, ambiente e suas interações em características agronômicas e de qualidade, de seis cultivares comerciais de cevada (BRS Elis, BRS Cauê, MN 743, MN 610, BRS 195 e Scarlett) em quatro locais (Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff) no Rio Grande do Sul, no

ano de 2010. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As cultivares de cevada apresentaram interação genótipo x ambiente significativa para diversas características como rendimento de grãos, espigas  $m^{-2}$ , peso de mil grãos, germinação e teor de extrato. As cultivares mostraram estabilidade em poder germinativo e rendimento de grãos, sendo o componente número de grãos  $m^{-2}$  mais importante que o peso de mil grãos, para rendimento em cevada. A cultivar BRS Cauê se destacou nos resultados de qualidade. As condições de Victor Graeff e Passo Fundo foram mais favoráveis para as características agronômicas e componentes do rendimento, enquanto Lagoa Vermelha foi mais favorável para características de qualidade.

**Palavras-chave:** Cevada dística, cultivares, *Hordeum vulgare*, qualidade de malte, componentes do rendimento.

**EFFECT OF GENOTYPE, ENVIRONMENT AND THEIR  
INTERACTIONS IN AGRONOMIC AND QUALITY  
CHARACTERISTICS IN MALTING BARLEY IN SOUTHERN  
BRAZIL**

**ABSTRACT** - Barley is a winter cereal that ranks fourth in order of economic importance in the world. In Europe and North America it is a culture with multiple purposes, used by the brewing industry, animal feed and food industry. In Brazil, as there are alternatives with lower cost of production for feed and food, more than 95% of the barley is grown for brewers. This fact makes all the breeding programs of barley in Brazil be focused on brewing quality research, because it is crucial in launching a new cultivar. Currently we can observe undesirable variations in quality brewing barley produced in Brazil. The main causes of this variation includes the occurrence of adverse weather conditions, by high levels of rainfall at harvest and late frosts, which detracted from the quality of the product. For the indication of cultivars most suitable for each region, minimizing problems of quality and enhancing grain yield, this study was conducted to evaluate the effect of genotype, environment and their interactions on agronomic characteristics and quality of six cultivars of barley (BRS Elis, BRS Cauê, MN 743, MN 610, BRS 195 and Scarlett) at four locations (Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo and Victor Graeff) in Rio Grande do Sul, in 2010. It was used randomized block design with four replications. The barley cultivars showed significant genotype x environment interaction for several traits like grain yield, spikes m<sup>-2</sup>, thousand kernel weight, germination and

extract content. The cultivars showed stability in germination and grain yield, and the component number of grains  $m^{-2}$  was more important than the thousand grain weight, for the yield of barley. The BRS Cauê excelled in quality results. The conditions of Victor Graeff and Passo Fundo were more favorable for agronomic traits and yield components, while Lagoa Vermelha was more favorable for quality characteristics.

**Key words:** Two row barley, cultivars, *Hordeum vulgare*, malting quality, yield components.

## 1 INTRODUÇÃO

A cevada é um cereal de inverno que ocupa a quarta posição em ordem de importância econômica no mundo e concorre diretamente com o trigo (CAIERÃO, 2008). Conforme Árias (1995), a cevada vem sendo cultivada no Brasil desde a década de 1930. Como consequência dos esforços do melhoramento genético e do desenvolvimento de técnicas de manejo cada vez mais apropriadas, a cultura foi difundida pelo sul do Brasil, onde se localizam as áreas mais adequadas em termos de clima e solo para o desenvolvimento deste cereal. Este incremento ocorreu, também, graças ao trabalho de fomento realizado pelas companhias cervejeiras Brahma e Antártica.

Atualmente existem três maltarias em atividade, instaladas nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo. No entanto, a produção de cevada no Brasil não é suficiente para atender as demandas desta capacidade malteira instalada (EMBRAPA, 2011; MINELLA, 2010). O déficit tem sido suprido pela importação de países como Argentina, Uruguai, Canadá e Comunidade Européia. Mesmo assim, a área de cevada no Brasil tem oscilado entre 100 e 150.000 hectares na última década. Dentre as principais causas desta variação destacam-se a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis, principalmente por alta intensidade pluviométrica no momento da colheita, associadas ao fenômeno *El nino* (BRAHMA, 1977) e geadas durante e após a floração (MINELLA & SILVA, 1996; ÁRIAS, 1995), que depreciam a qualidade do produto causando prejuízos aos produtores.

A cevada cervejeira aparece como importante alternativa

de cultivo de inverno, tendo como principais vantagens, sobre as outras culturas, o alto potencial de rendimento das cultivares disponíveis e a liquidez de mercado (definido em contrato de compra e venda entre produtor e indústria), possibilitando ao produtor um melhor planejamento de sua propriedade rural (EMBRAPA, 2011).

Na maioria dos países do mundo, principalmente na Europa e América do Norte, a cevada é uma cultura com múltiplos propósitos, isto é, pode ser utilizada pela indústria cervejeira, pela indústria de ração animal e pela indústria de alimentação humana. No Brasil, como existem outras alternativas de menor custo de produção, para alimentação animal e humana, mais de 95% da cevada é cultivada para fins cervejeiros (EMBRAPA, 2011). Este fato faz com que todos os programas de melhoramento genético de cevada no Brasil tenham a qualidade cervejeira e malteira como foco de pesquisa, pois a mesma é determinante no lançamento de novas cultivares mais produtivas, de melhor qualidade de malte e adaptada as condições de cultivo.

A qualidade cervejeira ou malteira da cevada é definida através da interação do conjunto de parâmetros que compõem as especificações demandadas pelas cervejarias. Estes itens avaliam a capacidade de desagregação do malte ( $\beta$ -glucanos), rendimento na fabricação de cerveja (extrato), estabilidade coloidal (proteínas e nitrogênio solúvel), atividade enzimática (poder diastático), aspecto da cerveja (cor) e outros. Um malte de boa qualidade deve apresentar um balanço adequado entre os itens avaliados. Entre os itens mais importantes da análise de malte estão: o teor de  $\beta$ -glucanos, produtos da decomposição da hemicelulose que possuem uma característica

negativa de mudar um líquido, como, por exemplo, o mosto cervejeiro para um estado viscoso; amino nitrogênio livre (FAN – free amino nitrogen), o qual representa a parcela nitrogenada de baixo peso molecular, na qual estão inseridos todos os aminoácidos do mosto que são consumidos pela levedura, para sua multiplicação; teor de extrato, percentual teórico de sólidos que pode ser extraído do grão de malte quando este sofre moagem em condições/equipamentos padrão chamada “fina” sendo proporcional ao rendimento do malte para a cervejaria. O extrato do malte representa a quantidade de substâncias (principalmente os açúcares) que serão solubilizadas quando o malte for usado na fabricação de cerveja, sendo que mais extrato representa que mais cerveja pode ser feita com a mesma quantidade de malte (KUNZE, 2006).

O melhor modo para avaliar uma cultivar de cevada quanto a qualidade de malte é submetê-la ao processo de malteação e analisar, no malte, todas os itens importantes para o processo industrial.

O processo de malteio consiste em germinar a cevada, de forma controlada, objetivando ativar as enzimas existentes no grão para que estas atuem sobre as paredes celulares que envolvem os grânulos de amido, dos quais o grão de cevada é composto, liberando este amido no corpo farinhoso do grão. Após esta etapa, o processo de germinação deve ser interrompido, antes que o amido comece a ser degradado em maior quantidade, em cadeias menores de açúcares fermentescíveis. Neste ponto a cevada, já definida como malte verde, é submetida ao processo de secagem para paralisar a atividade enzimática, contudo, sem causar a desnaturação das proteínas enzimáticas. Após na cervejaria, o malte é submetido à moagem e

cozimento, dando condições para as enzimas, originadas no processo de malteação, degradarem as cadeias de amido em cadeias de açúcares fermentescíveis, gerando o mosto. Este mosto é que vai ser submetido ao processo de fermentação para produzir cerveja. Durante todo este processo, descrito sucintamente, ocorre uma série de transformações físicas e químicas na cevada, que afetam diretamente os itens de qualidade malteira (KUNZE, 2006).

Dentre os fatores que afetam a qualidade de malte no campo, destacam-se o genótipo, o manejo e o ambiente de cultivo como fatores determinantes para a produção de cevada com qualidade. Os itens mais influenciados são poder germinativo, tamanho do grão, teor de proteínas, atividade enzimática e sanidade de grãos (EMBRAPA, 2011). Para que seja obtido um malte com boa qualidade é necessário que a cevada tenha um bom rendimento no campo, e este é fortemente afetado pelo clima e pelo comportamento diferenciado de cada cultivar em diferentes ambientes de cultivo (interação genótipo x ambiente) (MIRALLES et al., 2011).

Interação genótipo x ambiente é a variação no desempenho relativo de genótipos, devido a diferenças de ambiente. Para que se possa entender esta interação torna-se imprescindível estudar o comportamento de genótipos em ambientes diversos. Atualmente, as indicações de cultivares de cevada são feitas por estado, não levando em consideração as diferentes microrregiões climáticas que cada estado possui. Esta situação pode fazer com que determinado genótipo não tenha todo seu potencial explorado se não tiver ampla adaptação. Por isso a adaptação mais específica de genótipos a ambientes, pode

fazer a diferença entre uma ótima e uma excelente cultivar (BORÉM, 2001).

O entendimento do efeito da interação genótipo x ambiente é um importante desafio para melhoristas e agrônomos que realizam testes comparativos visando à recomendação de cultivares. A interação e suas implicações no melhoramento de plantas, não são meramente simples efeito estatístico, devem ser observadas como um fenômeno biológico e genético, envolvendo a regulação de genes, modulados pelos fatores externos e interações de moléculas que atuam na sinalização celular. Estas interações complexas acabam por influenciar tanto nas características fenotípicas agronômicas quanto de qualidade da cultura. Assim, conhecer melhor a interação genótipo x ambiente permite explorar seus efeitos benéficos e contornar seus efeitos indesejáveis no trabalho de avaliação e indicação de cultivares.

Tendo em vista a importância da cultura da cevada e a necessidade de produção de novas cultivares mais produtivas e de melhor qualidade, objetivou-se neste trabalho estudar o efeito do genótipo, ambiente e suas interações para características agronômicas e de qualidade cervejeira, em cevada no Sul do Brasil, verificando a influência da variação ambiental na produtividade e qualidade da cevada e do malte, identificando locais mais propícios à produção de cevada com altos rendimentos e qualidade cervejeira, e identificando cultivares com qualidade de malte superior.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Origem da cevada

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. As evidências arqueológicas indicam que os primeiros sinais de cultivo datam do período neolítico, aproximadamente 7000 a.C. Bar Josef e Kislev, em 1986, encontraram restos de *Hordeum vulgare* e *Hordeum spontaneum* datados de 8260 e 7800 a.C. Esses indicativos se referem à região conhecida como “*Fertile Crescent*” no Oriente Médio (HARLAN, 1979 apud MINELLA, 1998), onde hoje se localizam Israel, Jordânia e Síria (BOTHMER & JACOBSEN, 1998).

Ao longo dos estudos sobre evolução de plantas, foram citadas duas teorias para explicar a origem deste cereal. A primeira delas é que a cevada seis fileiras tenha se derivado de uma forma silvestre de duas fileiras e, a segunda, que o progenitor da cevada de seis fileiras já existia previamente (DE CANDOLLE, 1959 apud BARBIERI, 2008). Muitos pesquisadores com o passar do tempo concordaram, discordaram e também citaram linhas de pensamento distintas, mas atualmente se tem um consenso de que a espécie *H. spontaneum* é a ancestral imediata de todas as cevadas cultivadas (BOTHMER & JACOBSEN, 1998).

## 2.2 Classificação botânica da cevada

O gênero *Hordeum* pertence à tribo Triticeae da família Poaceae (Gramineae) e é composto por pelo menos, 32 espécies descritas (BOTHMER et al., 1995). Caracteriza-se por possuir três espiguetas uniflorais, providas de ráquila unida ao grão. A espiguetas central é sempre fértil enquanto as laterais são, usualmente, estéreis. Cada espiguetas possui estruturas de proteção, denominadas de pálea e lema. Esta última pode apresentar arista ou ser mútica (CAIERÃO, 2008; KUNZE, 2006).

A única espécie de cevada cultivada é a *H. vulgare* e apresenta três subespécies: *Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* (cevadas hexásticas – seis fileiras), *Hordeum vulgare* ssp. *distichum* (cevadas dísticas – duas fileiras) e *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* (cevadas de ráquis frágil, em geral silvestres). A espécie caracteriza-se por ser anual, diplóide ( $2n=2x=14$ ), e todas as subespécies são normalmente interférteis (MOLINA-CANO, 1989 apud CAIERÃO, 2008). Já foram obtidos tetraplóides ( $2n=2x=28$ ) artificiais; porém, em virtude dos problemas de fertilidade, nenhum interesse prático tem sido atribuído a essas formas.

## 2.3 Modo de reprodução da cevada

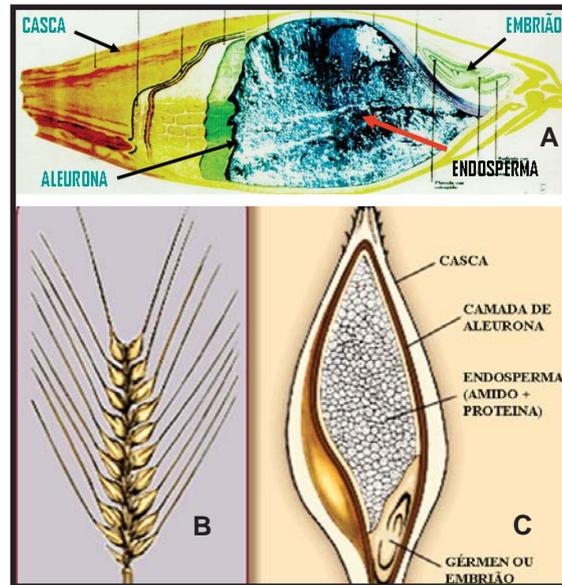
A inflorescência da cevada é uma espiga terminal formada pela ráquis e por número variável de espiguetas. Como nas demais espécies, a espiga caracteriza-se por apresentar três espiguetas por nó, originadas alternadamente em lados opostos da ráquis. Cada espiguetas

é formada por duas glumas e uma flor. As espiguetas laterais são estéreis nos tipos de duas fileiras e férteis nas cevadas de seis fileiras. A flor é completa com três estames e o pistilo encoberto por pálea e lema (CAIERÃO, 2008; MINELLA, 1999).

A cevada reproduz-se por autofecundação, com deiscência de anteras ocorrendo normalmente antes da abertura da flor e, freqüentemente, antes da emergência da espiga. A taxa de fecundação cruzada é inferior a 1%, mesmo em condições favoráveis à alogamia. Existem algumas diferenças na extrusão da espiga em cevada de seis fileiras e duas fileiras, onde normalmente a primeira emerge mais a espiga do que a segunda (MOLINA-CANO et al., 1997).

#### **2.4 Características do grão de cevada**

O grão de cevada de um modo geral é constituído de embrião, endosperma, aleurona e casca (Figura 1). O embrião é a parte mais importante do grão, pois é sua parte viva. Localiza-se na parte dorsal da base do grão, representa 3 a 4% do peso do grão (isento de água) e contem proteínas, lipídeos, sacarose, rafinose e minerais. No endosperma estão localizadas as células de amido. O amido é um hidrato de carbono complexo  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , não solúvel em água, constituído por amilose (20%) e amilopectina (80%). A amilose é formada por cadeias lineares longas, com as unidades de D-Glucose ligadas por ligações  $\alpha$ -1-4. A amilopectina é muito ramificada, formada por ligações  $\alpha$ -1-4 no esqueleto e  $\alpha$ -1-6 nas ramificações de sua estrutura. O amido é degradado através de ações enzimáticas, transformando-se em extrato (KUNZE, 2006).



**Figura 1** - Grão da cevada. (A) camadas do grão de cevada; (B) espiga da cevada com corte transversal; (C) partes do grão de cevada. Fonte: KUNZE (2006).

A casca é constituída basicamente de celulose, que é insolúvel em água. A mesma é utilizada como camada filtrante na filtração do mosto em tinas de clarificação (KUNZE, 2006).

Conforme Savin & Aguinaga (2011), a aleurona é uma camada fina de células que envolvem o endosperma e sintetiza várias enzimas hidrolíticas ( $\alpha$ -amilases,  $\beta$ -glucanases,  $\beta$ -amilases, entre outras) e contribui no transporte de hormônios para o interior do endosperma. A cevada é preferida para a produção de malte, pois ela mantém sua casca durante o processo de malteação, protegendo o fôliculo ou broto durante a germinação, permitindo a completa modificação do endosperma do grão pela ação destas enzimas. Desta forma, a cevada reúne várias características que justificam sua

utilização na produção de cerveja: rica em amido, presença de enzimas, casca que confere proteção e serve como agente filtrante do mosto na cervejaria, aroma e sabor característicos na cerveja.

Torna-se importante salientar que este cereal não pode ser utilizado diretamente na produção de cerveja, pois seu sistema enzimático não está capacitado para transformar o amido presente nas células da cevada em açúcar. Assim, deve-se realizar a malteação do grão antes da fabricação de cerveja (SENAI, 2004).

## **2.5 Qualidade de malte**

A malteação é um processo de germinação em condições ambientais controladas, com o propósito de atingir apenas as alterações básicas de metabolismo que abrangem a chamada “solubilização do grão”, que consiste na decomposição do amido e das proteínas (KUNZE, 2006).

Os objetivos da malteação são formar enzimas, ativar enzimas já existentes, transformar substâncias de alto peso molecular, insolúveis em água, em subprodutos de alto, médio e baixo peso molecular que são solúveis em água e formar os componentes característicos de aroma, cor e paladar (KUNZE, 2006). O processo de malteação se divide em três etapas operacionais: maceração, germinação e secagem.

A maceração é uma etapa crítica no processo de malteação. Para produzir um malte homogêneo, é necessário alcançar igual conteúdo de umidade através do grão. A cevada seca tem uma concentração de umidade no embrião bastante similar ao restante do

grão. No início da maceração o embrião e as cascas absorvem água mais rapidamente que o corpo farinhoso (endosperma). Durante o armazenamento a percentagem de água nos grãos é mantida ao redor de 11 – 13% (água de constituição), com o objetivo de manter a taxa de respiração a níveis mínimos (KUNZE, 2006).

Na fase de germinação artificial o objetivo é o enriquecimento enzimático, aliado às transformações das substâncias de reserva. Durante a germinação artificial, os processos de desdobramento das paredes das células de amido, das proteínas e do amido deverão estar em concordância entre si, e estas modificações deverão ser alcançadas com o mínimo de perda de substância de reserva (DAL RI et al., 1995).

Para se obter o malte com características específicas têm que se levar em conta os principais fatores que influenciam na germinação, que são: a temperatura do grão, o teor de umidade, o tempo de germinação, a ventilação e os aditivos utilizados (como ácido giberélico). Estes fatores influenciam diretamente na atividade das enzimas, e conseqüentemente determinam a intensidade com que o malte se modifica (DAL RI et al., 1995).

As variáveis que o malteador usa para controlar a germinação são: as temperaturas que podem variar entre 12 a 26°C; umidades entre 42 e 48%; adição de ácido giberélico até 0,30 mg kg<sup>-1</sup> de cevada. Estes valores, entretanto, dependem muito da matéria prima e do malte que se busca produzir (SENAI, 2004).

Durante a germinação acontecem transformações bioquímicas com a formação e ativação de enzimas. O embrião envia hormônios compostos de ácido giberélico que atravessam o escutelo,

células epiteliais e endosperma em direção a camada de aleurona. Ali são liberados aminoácidos e formadas novas enzimas:  $\beta$ -glucanases,  $\alpha$ -amilases, parte das hemicelulases e proteases. As enzimas formadas são transportadas ao endosperma (MCFADDEN et al., 1988).

Desta forma, uma etapa inicial da germinação da cevada é a ruptura das paredes celulares do endosperma amiláceo pela enzima (1-3, 1-4)- $\beta$ -glucanases e outras hidrólises permitindo o acesso da  $\alpha$ -amilase, proteases e outras enzimas aos respectivos substratos dentro das células do endosperma (WOODWARD & FINCHER, 1982).

Uma degradação ineficiente ou incompleta das paredes celulares do endosperma prejudica a difusão das enzimas de germinação, a mobilização de reservas do grão reduzindo o teor de extrato do malte.  $\beta$ -glucanos residuais podem também causar um aumento na viscosidade do mosto e da cerveja, aumentando os problemas de filtração nas cervejarias e transparência do produto. Seleção de cultivares de cevada com baixo conteúdo de  $\beta$ -glucanos é um dos principais objetivos de programas de melhoramento. Entretanto a redução de  $\beta$ -glucanos só pode ser efetuada em uma extensão limitada, uma vez que os mesmos são componentes essenciais da parede celular do endosperma (AHOKAS & NASKALI, 1990). Outras áreas do conhecimento tem mostrado possibilidades para aumentar a hidrólise de  $\beta$ -glucanos através de engenharia genética, aumentando a quantidade das enzimas ou a termo estabilidade das mesmas (ASPEGREN et al., 1995).

A hidrólise das paredes celulares abre caminho para que as demais transformações ocorram no endosperma, como a dissolução

protéica e a formação de enzimas amilolíticas. O processo ocorre progressivamente a partir do embrião em direção à extremidade distal (ASPEGREN et al., 1995).

Na secagem do malte ocorre a retirada de umidade do grão, agora chamado de malte verde, utilizando-se geralmente o ar. O fator responsável pela secagem é a diferença do teor de umidade entre o ar utilizado e a umidade do grão (DAL RI et al., 1995).

Os objetivos da secagem são encerrar os processos químico-biológicos responsáveis pelo paladar e aroma característicos (depende do tipo do malte) e pela cor específica. A retirada das radículas (ricas em proteína) é realizada para evitar o amargor indesejável à cerveja produzido pelas mesmas (DAL RI et al., 1995; KUNZE, 2006).

## **2.6 Melhoramento genético**

A melhoria genética da cevada cervejeira está baseada em dois grandes objetivos: a) rendimento de grãos por unidade de área e b) qualidade comercial e industrial. Em termos gerais, o melhoramento genético é um processo fundamentado em progressos acumulativos e contínuos. Isto significa que a obtenção de uma nova variedade implica na melhora de todos ou alguns dos parâmetros relacionados (SAVIO & AGUINAGA, 2011). De acordo com Sávio & Aguinaga (2011), dentre as características a serem melhoradas podem-se citar: rendimento de grãos; resistência a doenças; resistência a fatores abióticos adversos; características morfológicas do grão (tamanho, forma, homogeneidade, etc.); extrato de malte (pelo alto

impacto econômico na cervejaria); potencial citolítico (importância na dissolução da parede celular); potencial proteolítico (relacionado com a qualidade da espuma da cerveja); potencial amilolítico (dissolução do amido).

Para que os objetivos de um programa de melhoramento sejam alcançados, inicialmente é necessário que se disponha de um adequado banco de germoplasma (variabilidade genética) com conhecimento sobre as características de cada genótipo. Desta forma, se consolida eficientemente a estrutura básica do programa e o planejamento das recombinações (BORÉM, 2001).

A diversidade mundial da espécie, disponível, está representada por aproximadamente 25.000 variedades crioulas distintas, cultivares antigas e modernas, linhas avançadas, estoques genéticos, populações híbridas segregantes e genótipos de espécies afins, mantidas atualmente em diversos bancos de germoplasma (CHAPMAN, 1986 apud BORÉM, 1998). O germoplasma está conservado em bancos básicos e ativos que fazem parte da rede do International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) e Consultative Group of International Agriculture Research (CGIAR). Amostras de semente podem ser obtidas nos bancos ativos de diversos países como Estados Unidos, Canadá, Japão, Rússia, Alemanha, Inglaterra, Síria, Holanda, México e Brasil, onde o órgão responsável é a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen) (CAIERÃO, 2008).

Dentre os métodos de melhoramento existentes, o mais utilizado é a hibridização (cruzamentos artificiais), na qual se elegem os genitores, procede-se a emasculação do genótipo materno e a

posterior polinização com o genótipo paterno (MOLINA et al., 2007). É importante salientar que a cevada possui a fecundação diferente dos demais cereais de inverno, ou seja, ocorre antes da emergência da espiga, assim a emasculação é feita em um período onde as espigas estão muito frágeis, tornando mais desafiador o processo de hibridização (SAVIO & AGUINAGA, 2011).

Outro método utilizado com êxito na criação de variabilidade genética é o de mutação induzida. Submeter os materiais genéticos a agentes mutagênicos (substâncias químicas, e físicas como radiações) visando a alteração do genoma, oferece a possibilidade de alterar uma mínima parte do germoplasma, fazendo com que algumas características reguladas por um número relativamente baixo de genes, possam ser melhoradas. A transgenia, que tanto êxito está tendo em outras espécies cultivadas, é outro método para gerar variabilidade, mas ainda não está sendo utilizado comercialmente em cevada cervejeira. Organismos geneticamente modificados ainda não são aceitos pela indústria cervejeira mundial, e por conseqüência não existem variedades de origem transgênica sendo utilizadas comercialmente (SAVIO & AGUINAGA, 2011).

Independente do método utilizado para criar variabilidade genética, o objetivo é chegar a estabilidade dos genótipos, com um alto grau de homozigose nas espécies autógamas como a cevada. Para alcançar índices de homozigose de 98,5% e ao mesmo tempo aplicar a seleção, existem diversos métodos de condução de gerações segregantes como, o populacional (massal), o genealógico, o de Descendência de Semente Única (SSD, pela sigla em inglês Single Seed Descent) e retrocruzamentos, entre outros. Um dos mais

utilizados em cevada é o genealógico, o qual baseia-se na seleção individual de plantas, feita na população original, seguida da observação de suas descendências, para fins de avaliação. Este método permite um seguimento detalhado do material a medida que vai avançando sua homozigose, porém requer um grande número de anos para alcançá-la (BORÉM, 2001).

Existem métodos que possibilitam chegar a homozigose mais rapidamente, como o SSD que consiste na aceleração do desenvolvimento de plantas submetidas artificialmente a fotoperíodos extensos, temperaturas de 20°C e baixa fertilidade do substrato; e o de duplo-haplóides, objetivando a obtenção de genótipos homozigotos através de duplicação de cromossomos de plantas haplóides. Estas podem ser desenvolvidas a partir de diferentes métodos como cultura de anteras e/ou de micrósporos (FAROUGHI-WEHR et al., 1982; GEORG-KRAEMER et al., 2011) ou por cruzamentos interespecíficos entre *H. vulgare* e *H. bulbosum*, seguido de resgate e cultura de embriões (HAYES & CHEN, 1989).

Estratégias como a obtenção de plantas duplo-haplóides através do cultivo *in vitro* de anteras ou de micrósporos de cevada (via androgênica) tem sido mundialmente utilizada nos programas de melhoramento genético e representa um diferencial no melhoramento de cereais. Uma planta haplóide tem somente a metade do seu patrimônio genético, sendo portanto estéril. A duplicação do número cromossômico, de forma espontânea ou induzida pela aplicação de colchicina, recupera a condição diplóide, restaurando a fertilidade. A planta assim originada, chamada de duplo-haplóide, será totalmente homozigota em apenas uma geração. Esta é a grande vantagem em

relação ao método convencional de melhoramento de plantas autógamas, onde são necessários de 7 a 8 ciclos de auto-fecundação, para fixação de genes em homozigose (MORAES-FERNANDES et al., 1990).

No entanto, a cultura de anteras de cevada possui algumas limitações, principalmente ao baixo número de plantas verdes geradas, a alta regeneração de plantas albinas e a baixa responsividade de alguns genótipos. Por isso, métodos mais eficientes para a produção de plantas haplóides vêm sendo constantemente investigados. Nas últimas décadas, muitos trabalhos têm sido feitos na tentativa de aperfeiçoar os resultados já alcançados com a técnica de cultura de anteras, modificando principalmente as formas de pré-tratamento das espigas e o equilíbrio na concentração das substâncias reguladoras de crescimento (DEON et al., 2008). No Brasil, as principais cultivares lançadas pela Embrapa, obtidas da cultura de anteras são BRS Mirene, BRS Elis, BRS Cauê, e BRS Brau para o Sul e BRS Sampa (EMBRAPA, 2012) e BRS Manduri (MINELLA et al., 2011) para áreas irrigadas.

O programa de melhoramento genético da Ambev utiliza diferentes metodologias de condução, desde o método populacional até o genealógico, aplicando, inclusive, variações destas metodologias conforme as condições do ano e da própria população segregante (CAIERÃO, 2005). Já a Embrapa Trigo trabalha com os diferentes métodos de melhoramento, tanto os convencionais (populacional, genealógico, SSD) como também os de resultado mais rápido, como duplo haplóides. Importante salientar que o resultado do programa de melhoramento é o lançamento de novas cultivares, apresentando

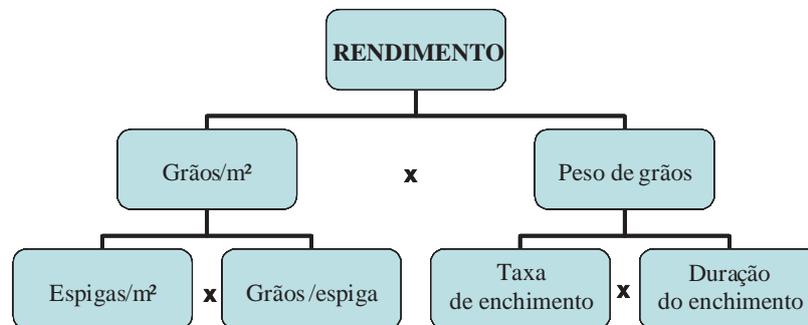
relação direta com o sistema de fomento deste cereal, já que quando estas não são capazes de compor uma mistura adequada à produção de malte e cerveja, há necessidade de importação de materiais que supram estas deficiências.

De acordo com Sávio & Aguinaga (2011), é provável que em um futuro próximo, muitos aspectos que envolvem seleção e avaliação, tanto a campo quanto em parâmetros de qualidade de cevada e malte, possam ser solucionados através da utilização de seleção assistida por meio de marcadores moleculares.

## **2.7 Componentes do rendimento**

O rendimento de grãos é o caráter de maior importância econômica, no entanto, é complexo e resultante da expressão e associação de diferentes componentes (CARVALHO et al., 2002). Com a participação dos efeitos do ambiente na manifestação fenotípica, qualquer mecanismo que auxilie o pesquisador a conhecer os efeitos que interagem no comportamento de um caráter permite maior eficiência na seleção (KUREK et al., 2001).

O rendimento pode ser expresso por simples modelos que contemplem: a biomassa e suas divisões, componentes numéricos, etc. Dentre estes o mais utilizado na prática é o que analisa os principais componentes numéricos: número de grãos por unidade de área e o peso de grãos. Por sua vez, cada um dos principais componentes do rendimento podem ser separados em outros sub-componentes (Figura 2) (MIRALLES et al., 2011).



**Figura 2** – Fluxograma indicando os sub-componentes que formam o rendimento em cevada. Fonte: modificado de MIRALLES et al. (2011).

Como não se observam grandes relações entre o rendimento de grãos e o peso de grãos, as variações no rendimento de cevada são explicadas pelas mudanças no número de grãos por unidade de área (MIRALLES et al., 2011; MCMASTER, 1997).

O número de grãos por unidade de área, está geralmente mais associado a mudanças no número de espigas por unidade de área, do que por variações no número de grãos por espiga. Desta forma, o cultivo de cevada possui pouca plasticidade para modificar o número de grãos por espiga. Assim, as estratégias para aumentar o número de grãos por unidade de área são: aumentar o número de espiguetas férteis na espiga (com o objetivo de aumentar o número de grãos por espiga) ou o número de espigas férteis provenientes dos afilhos (MIRALLES et al., 2011).

Ainda conforme Miralles et al. (2011), o peso de grãos é definido durante a fase de enchimento e maturação de grãos, escala Zadoks 71 (Z-71) e Zadoks 89 (Z-89), respectivamente (ZADOKS et al., 1974), e depende fundamentalmente da temperatura do ar, do teor

de água no solo, da área fotossintética da cultura e da sua capacidade de translocar os assimilados para o grão. Mesmo este fator não influenciando em grande proporção o rendimento de grãos, é um componente chave em cevada, que por razões industriais necessita um tamanho mínimo de grão para que possa ser economicamente malteado.

## **2.8 Interação genótipo x ambiente**

Os organismos vivos possuem caracteres que podem ser observados do ponto de vista morfológico ou fisiológico, e que constituem o chamado fenótipo dos indivíduos. Plantas de milho, por exemplo, podem apresentar fenótipos distintos para a característica cor dos grãos, podendo estes ser amarelos, vermelhos ou brancos (BORÉM, 2001). O genótipo, por sua vez, diz respeito à constituição genética do indivíduo, com relação aos caracteres considerados, e normalmente é representado por letras do alfabeto (AA, Aa e aa). Ao se reproduzirem, os organismos passam para seus descendentes parte de seus genes, que são fatores responsáveis pela determinação da característica (MAIA & ROCHA, 2007). As informações que determinam as características do indivíduo são armazenadas na molécula de ácido desoxirribonucléico (DNA) que nos eucariontes, como as plantas, se encontra num compartimento especial chamado núcleo.

O ambiente, segundo Borém (2001), é um termo geral que inclui uma série de condições sob as quais os organismos e, mais especificamente, as plantas crescem. É representado por regiões,

locais, épocas, anos, práticas culturais ou de manejo ou pela combinação de todas essas condições ao mesmo tempo. Em outras palavras, ambiente é constituído de todos os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas que não são de origem genética.

O fenótipo resulta do efeito do genótipo, do ambiente e da interação destes fatores (interação genótipo e ambiente ou, simplesmente, genótipo x ambiente). Assim, o valor fenotípico dos descendentes é resultado do efeito do genótipo somado ao ambiente, mais o efeito da interação, que influenciam conjuntamente na manifestação das características dos indivíduos. Os programas de melhoramento genético, normalmente envolvem pelo menos três etapas: escolha dos indivíduos que serão cruzados (parentais), cuja descendência formará a população-base, seleção dos indivíduos com maior desempenho resultantes do cruzamento entre os parentais dessa população, e avaliação das progênies superiores em um grande número de ambientes. Nesta terceira etapa, em que distintos genótipos são avaliados numa série de ambientes, procura-se conhecer a interação genótipo x ambiente, que poderá afetar o ganho obtido com a seleção (CARGNIN et al., 2006).

As características genéticas a serem melhoradas em uma espécie agrícola, podem ser de dois tipos: caracteres qualitativos ou caracteres quantitativos. Os caracteres qualitativos são aqueles governados por um ou poucos genes. No entanto, grande parte das características agrônômicas que os melhoristas de plantas trabalham, apresentam herança quantitativa (RAMALHO et al., 2004).

Os caracteres quantitativos ou poligênicos são aqueles governados por múltiplos genes (HAYES et al., 1986; SATO et al.,

2001). Também chamados de poligenes – genes de características complexas ou locos de caracteres quantitativos (QTL – “Quantitative Trait Loci”), tem a expressão de suas características geralmente com forte influência ambiental, dificultando a identificação dos genótipos com base apenas no fenótipo observado. Além disso, quando se analisa uma população segregante, observa-se que os caracteres de herança quantitativa apresentam distribuição contínua de fenótipos, ou seja, há entre os tipos extremos de indivíduos encontrados em uma população, inúmeros fenótipos de difícil separação em classes distintas (RAMALHO et al., 2004).

Para caracteres quantitativos há três tipos de ação gênica que predominam na formação de novos genótipos como: aditiva, onde o efeito médio de cada alelo contribui na formação de um fenótipo (a mais importante para o melhoramento de plantas), dominante, onde os alelos dominantes controlam a expressão do caráter e ação gênica epistática ou de interação (RAMALHO et al., 2004).

A variação encontrada em uma determinada espécie (variação fenotípica) pode ser de duas origens: variação devido ao ambiente e variação devido a diferenças genéticas. Portanto, torna-se importante quantificar a proporção da variação fenotípica que corresponde ao ambiente e a variação correspondente ao genótipo, para poder estimar com melhor precisão experimental a resposta dos genótipos nos ambientes testados (MAIA & ROCHA, 2007).

Outro fator importante neste contexto é a herdabilidade, que é a proporção de variância genética sobre a variância fenotípica total, ou seja, a proporção herdável da variabilidade total. Esta proporção herdável é alterada pelo efeito do ambiente. Portanto, com

o aumento da variabilidade proporcionado pelo efeito do ambiente, a seleção de novos genótipos torna-se mais difícil. Pode ser dividida em dois tipos: herdabilidade no sentido amplo (definida como a razão entre a variância genotípica e a variância fenotípica) e herdabilidade no sentido restrito (definida como a razão entre a variância aditiva e fenotípica) (BORÉM, 2001).

### **2.8.1 Efeito da interação genótipo x ambiente nas características agronômicas e na qualidade de malte de cevada**

Grande parte do estudo das características envolvidas com aspectos agronômicos e qualidade de malte é direcionada para a determinação do efeito do genótipo e do ambiente para aquela característica final que se observa. Para algumas características, diferentes autores observaram um maior componente genético atuando, como no poder diastático (item da análise de malte que indica o seu poder enzimático), extrato do malte (EAGLES et al., 1995) e  $\beta$ -glucanos (MOLINA-CANO et al., 1997; ZHANG et al., 2002), sendo estas características consideradas de alta herdabilidade. Já Lehtonen & Aikasalo (1987) e Perez-Vendrel et al. (1996) encontraram que para os  $\beta$ -glucanos os fatores ambientais são os principais componentes atuando na expressão desta característica, assim como para a capacidade de embebição e concentração de proteína no grão (ZHANG et al., 2001).

A atividade das (1-3, 1-4)- $\beta$ -glucanases, por exemplo, é uma característica quantitativa, como também são várias outras características agronomicamente importantes, tais como resistência a

algumas doenças e a estresses, produção de grãos e outros fatores importantes para a qualidade da malteação. Stuart et al. (1986) encontraram que a atividade das  $\beta$ -glucanases foi influenciada mais fortemente pelo ambiente do que pelo genótipo e citam outros autores que sugerem que a influência ambiental é mais importante, e que isto indica uma baixa herdabilidade para a atividade destas enzimas quando comparadas a outras características relacionadas ao malte.

Georg-Kraemer et al. (2004), estudando as (1-3, 1-4)- $\beta$ -glucanases no malte seco, em quatro variedades brasileiras de cevada (Embrapa 127, CEV 96025, MN 698 e CEV 97047) em Passo Fundo/RS, Vitor Graeff/RS e Guarapuava/PR, verificaram que as médias foram significativamente maiores em Guarapuava, confirmando os resultados prévios da influência ambiental sobre esta característica.

Toffoli et al. (2003) discutem que o potencial da cevada para produzir um bom malte depende de um número de fatores, que compreendem as características estruturais do grão de cevada (tamanho e forma do grão, dureza do grão, teor de carboidratos, conteúdo de  $\beta$ -glucanos e proteína), a intensidade de modificação durante a malteação, e a rapidez e o nível de desenvolvimento de enzimas hidrolíticas. Segundo estes autores, esta última característica pode ser influenciada pelo processo de malteação em si. É sugerido que em uma faixa de variação de 13-25°C, uma maior temperatura no início do processo de germinação produz malte com maior atividade enzimática e baixa viscosidade, embora usando tais temperaturas mais altas ao final do processo pode haver redução do nível de nitrogênio solúvel. Por outro lado, se temperaturas altas são utilizadas em todo o

processo de malteação, ocorrerá uma modificação mais rápida do grão, mas ela não será uniforme, pois a atividade das  $\beta$ -glucanases pode estar reduzida e após o efeito estimulante inicial, se observará queda na produção de extrato e aumento da viscosidade do mosto.

Características agronômicas como tamanho de espiga, peso de mil grãos e número de grãos por espiga, apresentam alta herdabilidade, mostrando uma melhor condição de seleção para estas características (JALATA et al., 2011). Já Rasmusson & Glass (1966) encontraram alta estimativa de herdabilidade para data de espigamento, intermediária para tamanho e peso de grãos e baixa herdabilidade para rendimento de grãos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O presente estudo foi realizado no período de junho de 2010 a dezembro de 2010, na região sul do Brasil, especificamente nos municípios de Passo Fundo, Victor Graeff, Júlio de Castilhos e Lagoa Vermelha, em áreas de produtores de cevada, cujas coordenadas geográficas e altitudes dos locais estão apresentadas na Tabela 1 e Figura 3.

**Tabela 1** – Características dos locais utilizados para avaliação de cultivares de cevada na safra 2010/2011, Passo Fundo/RS, FAMV-UPF, 2010

LOCAIS	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)
Lagoa Vermelha	S 28° 15' 07''	WO 51° 29' 34''	851
Passo Fundo	S 28° 10' 24''	WO 52° 30' 52''	665
Victor Graeff	S 28° 39' 18''	WO 52° 36' 36''	462
Júlio de Castilhos	S 29° 19' 46''	WO 53° 40' 22''	470



**Figura 3** - Mapa do Rio Grande do Sul indicando os locais de instalação dos experimentos de cevada. Fonte: GOOGLE EARTH (2010).

Dados referentes a composição química do solo são apresentados no Apêndice 1. Como acompanhamento climático de cada local utilizou-se dados pluviométricos e de temperatura de estações Inmet (2010), Fepagro (2010) e Defesa Civil (2010), mais

próximas aos ensaios (Apêndices 2 a 9). Todos os locais escolhidos representam grandes pólos produtores de cevada no Rio Grande do Sul.

### 3.1 Cultivares

As seis cultivares utilizadas (Tabela 2) foram selecionadas segundo suas diferentes características agronômicas, principalmente quanto a ciclo, altura de plantas e reação às moléstias.

**Tabela 2** - Dados médios de ciclo (dias), altura (cm), reação às principais moléstias e genealogia das diferentes cultivares de cevada, Passo Fundo/RS, 2010

Cultivar/ Genealogia	Ciclo		APL	Reação a moléstias				Obtentor
	EM- ES	EM- MA		OID	FFO	MRE	MMA	
MN 743 MN681/GIMPEL	81	129	86	MS	MR	MS	MS	AmBev
MN 610 PFC85104/PFC85106	85	131	86	MR	MR	S	S	AmBev
BRS CAUÊ BRS195/BRSCOREMA	90	132	72	S	MS	MR	S	Embrapa
BRS ELIS BRS195/SCARLETT	92	135	74	MR	S	S	S	Embrapa
BRS 195 DEFRA/BR2	92	135	69	S	S	MR	AS	Embrapa
SCARLETT AMAZON/2730/KYM	89	130	74	MR	MS	S	MS	Ackermann

Fonte: Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada, 2009

EM= emergência; ES= espigamento; MA= maturação; APL= altura de planta; OID= oídio; FFO= ferrugem da folha; MMA= mancha marrom; MRE= mancha reticular; R= resistente; MR= moderadamente resistente; MS= moderadamente suscetível; S= suscetível; AS= altamente suscetível

### 3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições por local. Todos os experimentos foram constituídos de 24 parcelas, cada uma composta de seis linhas com 5 m de comprimento, espaçamento de 0,17 metros entre linhas e corredores de 1,1 metros entre cada parcela (área útil por parcela de 5,10 m<sup>2</sup>).

### 3.3 Condução e manejo dos ensaios

Os ensaios foram implantados em áreas sob o sistema plantio direto. A dessecação ocorreu 10 dias antes da semeadura utilizando-se glifosato (Roundup®) na dose de 2,0 L ha<sup>-1</sup>, nos quatro ambientes. A adubação utilizada na semeadura foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> utilizando-se a fórmula de adubo 05-20-20, ou seja, resultando em de 15 kg de N, 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg de K<sub>2</sub>O. A semeadura foi realizada mecanicamente com o auxílio de semeadora de parcela experimental. As sementes receberam o tratamento manual, com os fungicidas Triadimenol (Baytan®) e Iprodiona (Rovral®) nas doses de 200 e 80 ml 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, respectivamente e inseticida Imidacloprida (Gaucho®) na dose de 60 ml 100 kg<sup>-1</sup> de semente. A densidade de semeadura utilizada foi de 330 sementes m<sup>-2</sup> (55 sementes por metro linear), objetivando uma população entre 250 e 300 plantas m<sup>-2</sup>. Realizou-se uma aplicação do herbicida Iodossulfurom-metilico (Hussar®) na dose de 70 g ha<sup>-1</sup> e uma aplicação do herbicida Metsulfurom metilico (Ally®) na dose de 4 g ha<sup>-1</sup> em até 45 dias após

o plantio, para o controle de plantas daninhas em pós-emergência. Foram efetuadas também três pulverizações com fungicidas na parte aérea, sendo uma com Propiconazole (Tilt®) na dose de 500 ml ha<sup>-1</sup> e duas aplicações de Piraclostrobina + Epoxiconazole (Opera®) na dose de 0,75 L ha<sup>-1</sup>, e uma aplicação de inseticida fisiológico Lufenuron (Match®) na dose de 0,05 L ha<sup>-1</sup>, sendo todos os produtos indicados para a cultura da cevada (Tabela 3). A colheita foi realizada manualmente, colhendo-se as seis linhas de cada parcela.

**Tabela 3** – Atividades de manejo realizadas nos experimentos, relacionando locais, doses, estádios e datas de execução, Passo Fundo/RS, FAMV-UPF, 2011

Atividades realizadas	Dose	Passo Fundo	Victor Graeff	Lagoa Vermelha	Júlio de Castilhos
Semeadura	-	23/jun	25/jun	29/jun	10/jun
Uréia	60 kg ha <sup>-1</sup>	Z-13	Z-13	Z-15	Z-13
Herbicida Hussar®	70 g ha <sup>-1</sup>	Z-11	Z-13	Z-17	Z-17
Herbicida Ally®	4 g ha <sup>-1</sup>	-	-	Z-37	Z-17
Fungicida Tilt®	0,5 L ha <sup>-1</sup>	Z-37	Z-37	Z-37	Z-37
Fungicida Opera®	0,75 L ha	Z-56	Z-56	Z-56	Z-56
Fungicida Opera®	0,75 L ha <sup>-1</sup>	Z-70	Z-70	Z-70	Z-70
Inseticida Match®	0,05 L ha <sup>-1</sup>	Z-70	Z-70	Z-70	Z-70
Colheita	-	15/nov	13/nov	06/dez	11/nov

<sup>1</sup> Escala de Zadoks.

### **3.4 Variáveis analisadas**

#### **3.4.1 Rendimento e seus componentes**

**3.4.1.1 Rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** as parcelas foram colhidas, pesadas e efetuando-se a determinação de umidade no laboratório de pesquisa de cevada da Maltaria Navegantes, em Porto Alegre. Todas as amostras que estavam com umidade acima de 13% tiveram desconto em peso, de acordo com padrão de umidade de 13%.

**3.4.1.2 Número de espigas  $\text{m}^{-2}$ :** no estágio de espigamento (Z-59), selecionaram-se aleatoriamente dois metros lineares de cada parcela efetuando-se a contagem de espigas por metro linear e após feita a transformação para  $\text{m}^2$ .

**3.4.1.3 Número de grãos espiga<sup>-1</sup>:** no estágio de maturação fisiológica (Z-87) foram coletadas 25 espigas de cada unidade experimental para contagem dos grãos de cada espiga, obtendo posteriormente a média de grãos espiga<sup>-1</sup>.

**3.4.1.4 Número de grãos  $\text{m}^{-2}$ :** determinado através da multiplicação do número de espigas  $\text{m}^{-2}$  por número de grãos espiga<sup>-1</sup>.

**3.4.1.5 Peso de mil grãos (g):** foram separadas e pesadas amostras de mil grãos de cada unidade experimental.

### **3.4.2 Qualidade da cevada**

**3.4.2.1 Poder germinativo (%):** A determinação do poder germinativo foi feita conforme orientação do Comitê de Análise da EBC (EUROPEAN BREWERY CONVENTION, 1998) e portaria 691/96 do Ministério da Agricultura, através de testes utilizando tetrazólio, realizados em aparelhos vitascope. Os resultados são expressos em percentagem (%) e o padrão mínimo necessário é de 95%.

**3.4.2.2 Teor de proteínas (%):** A determinação do teor de proteínas foi realizada com o equipamento NIR, calibrado para este tipo de determinação. Os limites mínimo e máximo de proteínas desejados para cevada cervejeira são de 9,5 e 12%, respectivamente.

### **3.4.3 Qualidade de malte**

Inicialmente foi produzido um mosto cervejeiro, em condições padronizadas de tempo e temperatura, para solubilizar as substâncias do malte (açúcares, dextrinas, proteínas, taninos, substâncias gomosas, sais minerais), sendo utilizado o método EBC (EUROPEAN BREWERY CONVENTION, 1998) - Método Kongress.

As etapas do processo de mosturação padrão foram: moer 55 g de malte (moagem fina). Após, 50 g de farinha de malte de moagem fina (90% farinha fina), foram colocadas em 200 ml de água destilada à temperatura de 45°C e mantidas durante 30 min. O

aquecimento da mostura foi mantido por 25 min, e após elevou-se a temperatura 1°C / min até 70°C. Após, adicionou-se 100 ml de água, mantendo esta temperatura por 1 h, sendo após resfriado à temperatura ambiente.

**3.4.3.1 Teor de  $\beta$ -glucanos (ppm):** A determinação baseou-se no método da reação entre o calcoflúor com os  $\beta$ -glucanos de alto peso molecular (presentes no mosto), que provoca fluorescência. Esta, foi avaliada através do  *$\beta$ -glucan 5700 Analyser*, na faixa do ultravioleta, mediante a interpolação em uma curva de calibração, sempre a partir de um padrão conhecido de  $\beta$ -glucanos. Os valores foram expressos em ppm tendo como limite máximo desejado de 200 ppm.

**3.4.3.2 Teor de extrato moagem fina (%):** A determinação foi feita em mosto preparado sob condições padronizadas de tempo e temperatura pelo processo de mostura pela EBC – Método congresso. O extrato do malte (moagem fina) foi obtido por cálculo, utilizando dados do extrato obtido na mosturação, gerados através de um densímetro digital. Os resultados foram expressos em porcentagem e o padrão mínimo necessário foi de 80,5%.

Cálculo:

$$E_{cr} = \frac{P(800+U)}{100-P} \qquad E_{ia} = \frac{E_{cr}-100}{100-U}$$

Onde:

$E_{ia}$ : extrato moagem fina na amostra isenta de água, em porcentagem (p/p);  $E_{cr}$ : extrato da moagem fina na amostra conforme recebido, em porcentagem (p/p); P: leitura do extrato contido no mosto (plato), em

g/100 g; 800: quantidade de água destilada adicionada na mosturação para 100 g de malte; U: umidade da amostra em porcentagem; 100: fator de conversão para resultados em porcentagem.

**3.4.3.3 Teor de amino nitrogênio livre (FAN):** As análises basearam-se no método da reação à quente dos aminoácidos da amostra e da solução padrão com a ninhidrina, produzindo amônia, CO<sub>2</sub> e aldeído correspondente ao aminoácido. Mediu-se a intensidade da coloração azul-violeta formada pela amônia com a ninhidrina. A intensidade da cor, proporcional à quantidade de nitrogênio aminado, foi medida espectrofotometricamente a 570 nm. Os valores foram expressos em ppm com valores desejáveis acima de 150 ppm.

#### **3.4.4 Ranking de qualidade de malte**

O objetivo do ranqueamento é visualizar melhor o resultado individual de cada material para os diversos itens de qualidade, possibilitando uma tomada de decisão mais confiável no momento de recomendar uma cultivar para cultivo comercial em determinada região.

Os parâmetros avaliados possuem o mesmo peso. O resultado de cada parâmetro, expresso no ranking, foi a soma das quatro repetições, sendo que cada repetição pontua 25 pontos (se dentro da faixa desejável) ou 0 pontos (se fora da faixa). Assim, se as quatro repetições estiverem dentro de faixa, chega-se a um máximo de 100 pontos. Já o valor na coluna do ranking médio, foi a média aritmética dos valores obtidos na linha, pelos diferentes parâmetros.

Foram avaliadas também outras características agronômicas como sanidade, altura de planta e dias da emergência a floração. Estes dados serviram apenas como subsídio para uma maior compreensão dos resultados e não foram formalmente apresentados.

### **3.4.5 Análise estatística**

Para cada parâmetro realizou-se a análise de variância (ANOVA) dos dados, através de análise conjunta para se obter a partição da variância devido as diferentes causas (repetições, genótipos, locais, genótipos x locais, etc). Para interação significativa, efetuou-se o desdobramento e comparação de médias dos valores individuais para genótipo e local, dentro da tabela de dados de cada parâmetro. Com interação não significativa, comparou-se as médias gerais obtidas por locais e genótipos. O teste de comparação de médias utilizado foi Tukey, a 5% de significância. Utilizou-se o coeficiente de correlação de pearson e análises de regressão, para relacionar os componentes do rendimento com o rendimento de grãos. Foram utilizados os softwares estatísticos Sisvar, SASM-AGRI (ALTHAUS et al., 2001; GODOY, 2001; BELAN & CANTERI, 2004) versão 8.2 e Microsoft Excel 2003.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As condições climáticas no Rio Grande do Sul no ano de 2010 foram favoráveis aos cereais de inverno em geral. A condição de semeadura da cevada foi favorável em todos os locais devido ao

volume de precipitação pluvial dentro da média no mês de junho (Apêndice 2 a 5).

No período de crescimento vegetativo obteve-se baixa disponibilidade de água no mês de agosto com temperaturas abaixo da média (Apêndice 6 a 9), o que propiciou bom desenvolvimento de perfilhos, mas com incidência de oídio em todos os locais. Em setembro, período da antese, ocorreram precipitações e temperaturas acima da média histórica, ocasionando menores índices de luminosidade e expressiva incidência de doenças, principalmente manchas foliares e giberela, em Victor Graeff e Passo Fundo.

Nos meses de novembro e dezembro ocorreram precipitações abaixo da média histórica, que gerou produção de grãos de boa qualidade (germinação e tamanho) favorecida ainda pela colheita em um período seco.

#### **4.1 Avaliação do rendimento e seus componentes**

Para rendimento de grãos, a análise da variância (Apêndice 10) apresentou efeito significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, para local e para a interação genótipo x local, como resultados encontrados por Makák et al. (2009), Vasconcellos et al. (1998) em aveia, Cargnin et al. (2006) e Yan et al. (2000) em trigo. Não houve efeito significativo do genótipo para rendimento. O coeficiente de variação médio do experimento foi de 12,52% (Tabela 4), estando dentro dos valores aceitáveis para a espécie.

**Tabela 4** – Rendimento médio de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010

Cultivar	JC	LV	PF	VG	Média
	Kg ha <sup>-1</sup>				
BRS Elis	B 3.414 ns <sup>1</sup>	B 3.221 ns	A 4.483 a	A 4.805 ab	3.981
BRS Caue	B 3.655	B 3.811	B 3.342 b	A 5.232 a	4.010
MN 743	B 3.865	B 3.941	B 3.961 ab	A 5.015 ab	4.196
MN 610	B 3.426	B 3.390	B 3.769 ab	A 5.439 a	4.006
BRS 195	B 3.192	A 4.219	AB 3.521 b	AB 3.973 b	3.726
Scarlett	B 3.081	B 3.871	B 3.690 ab	A 5.398 a	4.010
Média	3.439	3.742	3.794	4.977	
Fontes de variação					Valor F teste
Local	-	-	-	-	44,17*
Genótipos	-	-	-	-	1,44 ns
Loc x Gen	-	-	-	-	3,13 *
CV (%)	11,54	15,83	9,21	10,33	12,52

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

Não houve diferença significativa estatística entre as cultivares em Júlio de Castilhos e Lagoa Vermelha. Em Passo Fundo a cultivar mais produtiva foi BRS Elis, não diferindo estatisticamente de MN 743, MN 610 e Scarlett. Em Victor Graeff, MN 610, BRS Cauê e Scarlett foram as cultivares de maior rendimento, não diferindo de BRS Elis e MN 743 (Tabela 4).

Ao se analisar a performance de cada cultivar, entre os diferentes locais, observou-se que Victor Graeff apresentou melhores rendimentos para as cultivares BRS Cauê, MN 743, MN 610 e Scarlett.

As cultivares apresentaram bom desenvolvimento vegetativo em Victor Graeff, observado pelas alturas de plantas

avaliadas (Apêndice 23) (ALMEIDA et al., 1998). Houve também uma menor incidência de manchas foliares (Apêndice 25), fatores que podem ter propiciado uma maior expressão do rendimento de grãos pelas cultivares. A localidade de Victor Graeff foi destaque em rendimento de grãos, com valor médio de  $4.977 \text{ kg ha}^{-1}$ . Este resultado foi similar ao encontrado por Wamser & Mundstock (2007), e pode ter sido influenciado pelas melhores características químicas de solo (Apêndice 1), onde apresenta valores satisfatórios para os principais parâmetros como pH, fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica (M.O.) e capacidade de troca de cátions (CTC).

Já na localidade de Júlio de Castilhos apresentou menores rendimentos para todas as cultivares. Isso pode ser devido a precipitação acima da média em setembro (Apêndice 4) juntamente com altas temperaturas (Apêndice 8) que propiciou incidência de mancha foliar (TAKASSAKI, 2003) (Apêndice 25), baixa fertilidade do solo (situação restrita à área experimental) (Apêndice 1), que prejudicou o desenvolvimento das plantas (Apêndice 23).

Ambos os valores de rendimento de grãos acima citados, obtidos no experimento, estão acima da média obtida em lavouras no Rio Grande do Sul, de  $2.555 \text{ kg ha}^{-1}$  nos últimos três anos (CONAB, 2011). Desta forma, verifica-se ainda grande lacuna entre o potencial e o que está se obtendo na prática.

Conforme Abeledo et al. (2003) e Rodrigues et al. (2003), o progresso no rendimento de cevada tem sido associado ao aumento do número de grãos por unidade de área. Este componente varia com o número de espigas por unidade de área e número de grãos espiga<sup>-1</sup>.

O peso do grão é o último componente obtido, sendo susceptível aos efeitos compensatórios entre componentes (MIRALLES et al., 2011).

Para número de espigas  $m^{-2}$  (Apêndice 15) houve efeito significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, para local, genótipo e também para interação genótipo x local (Tabela 5). O coeficiente de variação médio do experimento foi de 1,93%, dentro do valor aceitável para a espécie.

**Tabela 5** – Número médio de espigas  $m^{-2}$ , por cultivar de cevada, obtido em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010

Cultivar	Número espigas $m^{-2}$				Média
	JC	LV	PF	VG	
BRS Elis	B 455 a <sup>1</sup>	C 344 bc	A 486 a	A 502 a	447
BRS Caue	B 362 b	C 339 c	C 330 bc	A 472 b	376
MN 743	B 368 b	C 348 bc	C 340 bc	A 423 d	370
MN 610	C 310 c	C 306 d	B 344 b	A 450 c	353
BRS 195	C 312 c	A 374 a	B 329 c	A 387 e	351
Scarlett	BC 345 b	B 352 b	C 337 bc	A 489 a	381
Média	359	344	361	454	
Fontes de variação					Valor F teste
Local	-	-	-	-	1131 *
Genótipos	-	-	-	-	371 *
Loc x Gen	-	-	-	-	98,6 *
CV (%)	2,80	1,54	1,73	1,34	1,93

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

Em Júlio de Castilhos e Passo Fundo, a cultivar com maior número de espigas  $m^{-2}$  foi BRS Elis, enquanto em Lagoa Vermelha BRS 195 se destacou. Em Victor Graeff as melhores foram BRS Elis e Scarlett (Tabela 5).

A localidade de Victor Graeff foi onde as cultivares produziram maior número de espigas  $m^{-2}$ , o que provavelmente

contribuiu para o bom desempenho das cultivares em termos de rendimento neste local (Tabela 4).

Mesmo sendo o valor de 502 espigas  $m^{-2}$  o melhor resultado obtido neste experimento, sabe-se que ainda são valores mínimos para se atingir altos potenciais de rendimento. Atualmente, com a genética existente nos materiais, conforme Antoniazzi (2005) podem-se alcançar números acima de 520 espigas  $m^{-2}$ .

A cultivar que obteve a maior média em número de espigas  $m^{-2}$  em Júlio de Castilhos (455 espigas  $m^{-2}$ ), Passo Fundo (486 espigas  $m^{-2}$ ) e Victor Graeff (502 espigas  $m^{-2}$ ) foi BRS Elis. Esta cultivar descende de BRS 195 e Scarlett, genética esta que confere características de hábito prostrado, porte baixo e alta capacidade de perfilhamento (REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CEVADA, 2009).

Com resultado abaixo do esperado BRS 195 produziu o menor número de espigas  $m^{-2}$ , fato este que pode ser explicado pela sua alta suscetibilidade ao oídio, fazendo com que o desenvolvimento vegetativo fosse prejudicado, mesmo com três aplicações de fungicidas, em locais como Passo Fundo (329 espigas  $m^{-2}$ ), Victor Graeff (387 espigas  $m^{-2}$ ) e Júlio de Castilhos (312 espigas  $m^{-2}$ ). A cultivar MN 610, de porte médio, que não possui grande capacidade de perfilhamento, produziu menor número de espiga  $m^{-2}$  em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha e Victor Graeff (Tabela 5).

A análise de variância para número de grãos espiga<sup>-1</sup>, (Apêndice 16) indicou diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, para o fator genótipo e local, sendo a interação

entre eles não significativa. O coeficiente de variação de 5,75% está dentro do valor esperado para a espécie (Tabela 6).

**Tabela 6** – Número médio de grãos espiga<sup>-1</sup>, por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010

Cultivar	JC	LV	PF	VG	Média
	Número de grãos espiga <sup>-1</sup>				
BRS Elis	18,0	21,0	21,0	21,0	20,2 d <sup>1</sup>
BRS Caue	23,3	25,4	24,3	24,3	24,3 bc
MN 743	23,3	25,1	27,1	26,7	25,5 ab
MN 610	24,3	26,1	25,5	27,3	25,8 a
BRS 195	24,0	25,1	24,0	23,5	24,2 bc
Scarlett	21,3	24,7	24,6	25,0	23,9 c
Média	B 22,3	A 24,6	A 24,4	A 24,6	
Fontes de variação					Valor F teste
Local	-	-	-	-	16,56 *
Genótipos	-	-	-	-	34,06 *
Loc x Gen	-	-	-	-	1,61 ns
CV (%)	-	-	-	-	5,75

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

O número de grãos espiga<sup>-1</sup>, de acordo com os resultados de F teste (Tabela 6), foi mais influenciado pelo genótipo (34,06) do que pelo ambiente (16,56).

Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff foram estatisticamente iguais, produzindo maiores espigas. Júlio de Castilhos foi o local onde as cultivares produziram o menor número de grãos espiga<sup>-1</sup> (Tabela 6). Este componente de rendimento variou pouco entre os locais estudados, sendo significativamente inferior somente para Júlio de Castilhos (Tabela 6), possivelmente devido às altas

temperaturas ocorridas durante o ciclo e a maior incidência de mancha foliar (Apêndice 25) em BRS Elis e Scarlett.

A cultivares MN 610 e MN 743 produziram o maior número de grãos espiga<sup>-1</sup>, com um valor médio de 25,6 grãos, sendo o tamanho das espigas característica favorável nessas cultivares. BRS Elis produziu 20,2 grãos espiga<sup>-1</sup>, sendo o menor resultado do experimento (Tabela 6).

O peso de mil grãos, apresentou na análise de variância (Apêndice 17) significância a 5% de probabilidade para interação genótipo x local e para local, não havendo efeito para genótipo. O coeficiente de variação de 1,93% está dentro do valor esperado para a espécie (Tabela 7).

**Tabela 7** – Peso médio de mil grãos (g), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010

Cultivar	Peso de mil grãos (g)				Média
	JC	LV	PF	VG	
BRS Elis	B 42,1 c <sup>1</sup>	AB 45,0 a	B 44,4 ab	A 45,6 ns	44,3
BRS Caue	B 43,8 abc	AB 44,4 ab	B 42,7 c	A 45,9	44,2
MN 743	A 45,2 ab	A 45,3 a	B 43,2 bc	A 44,6	44,6
MN 610	A 45,7 a	B 43,6 b	B 43,5 abc	AB 44,5	44,3
BRS 195	B 43,4 abc	A 45,3 a	A 44,8 a	AB 44,1	44,4
Scarlett	B 43,0 bc	A 45,1 a	A 44,5 ab	AB 44,1	44,2
Média	43,9	44,8	43,8	44,8	
Fontes de variação					Valor F teste
Local	-	-	-	-	9,86 *
Genótipos	-	-	-	-	0,45 ns
Loc x Gen	-	-	-	-	6,63 *
CV (%)	2,40	0,98	1,48	2,21	1,93

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

Em Júlio de Castilhos a cultivar MN 610 obteve o maior peso de grãos, não diferindo entretanto de BRS Cauê, MN 743 e BRS 195. Em Lagoa Vermelha as melhores cultivares foram MN 743, BRS 195, Scarlett e BRS Elis, não diferindo de BRS Cauê. Na localidade de Passo Fundo a melhor cultivar foi BRS 195, não diferindo de BRS Elis, Scarlett e MN 610. Em Victor Graeff não houve diferença estatística entre materiais para peso de mil grãos (Tabela 7).

BRS Elis e BRS Cauê apresentaram melhores resultados em Victor Graeff, não diferindo de Lagoa Vermelha. Para MN 743, maior peso de mil grãos foi observado nas localidades de Victor Graeff, Lagoa Vermelha e Júlio de Castilhos. MN 610 se destacou em Júlio de Castilhos, não diferindo de Victor Graeff. BRS 195 e Scarlett se destacaram em Passo Fundo e Lagoa Vermelha, não diferindo de Victor Graeff (Tabela 7), e produziram menores peso de grãos em Júlio de Castilhos. Mesmo não havendo grandes variações entre os locais, em Victor Graeff e Lagoa Vermelha as cultivares apresentaram uma tendência de maior peso de grãos.

O número de grãos  $m^{-2}$  foi influenciado pela interação genótipo x local, pelo fator local e pelo genótipo. O coeficiente de variação de 6,68% está dentro do valor esperado para a espécie (Tabela 8).

**Tabela 8** – Número de grãos  $m^{-2}$ , por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010

Cultivar	Número de grãos $m^{-2}$				Média
	JC	LV	PF	VG	
BRS Elis	B 8.151 a	B 7.213 b	A 10.171 a	A 10.534 bc	9.017
BRS Caue	B 8.428 a	B 8.602 ab	B 8.006 b	A 11.491 ab	9.132
MN 743	B 8.567 a	B 8.742 a	B 9.186 ab	A 11.283 ab	9.445
MN 610	B 7.528 a	B 7.988 ab	B 8.776 ab	A 12.250 a	9.135
BRS 195	NS 7.494 a	9.369 a	7.864 b	9.110 c	8.459
Scarlett	C 7.349 a	B 8.698 a	B 8.300 b	A 12.214 a	9.140
Média	7.919	8.435	8.717	11.147	
Fontes de variação					Valor F teste
Local	-	-	-	-	134,7*
Genótipos	-	-	-	-	4,61 *
Loc x Gen	-	-	-	-	9,32 *
CV (%)	7,30	7,47	7,12	5,82	6,68

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

Tendo como base o número de grãos  $m^{-2}$ , em Júlio de Castilhos as cultivares apresentaram uniformidade para número de grãos  $m^{-2}$ . Os destaques em Lagoa Vermelha foram MN 743, BRS 195 e Scarlett, não diferindo de BRS Cauê e MN 610. Em Passo Fundo, a melhor foi BRS Elis, não diferindo de MN 743 e MN 610. Já em Victor Graeff, MN 610 e Scarlett se destacaram, não diferindo de BRS Cauê e MN 743 (Tabela 8).

Analisando a performance de cada cultivar, entre os diferentes locais, observou-se que BRS Cauê, MN 743, MN 610 e Scarlett apresentaram melhores resultados de número de grãos  $m^{-2}$  em Victor Graeff (Tabela 8), resultado similar se comparado com os resultados de rendimento de grãos (Tabela 4).

Assim, analisando o rendimento e seus componentes, através da análise de correlação (Tabela 9), observa-se que o rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foi mais dependente do número de grãos  $\text{m}^{-2}$  e conseqüentemente pelo número de espigas  $\text{m}^{-2}$ . Já componentes como número de grãos espiga<sup>-1</sup> e peso de mil grãos apresentaram menor influência no rendimento de grãos (Tabela 9), resultado semelhante ao encontrado por Miralles et al. (2011), em cevada.

**Tabela 9** – Coeficientes de correlação entre o rendimento de grãos e seus componentes, em cevada, obtidos em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010

	Nº espigas $\text{m}^{-2}$	Nº grãos espiga <sup>-1</sup>	Nº grãos $\text{m}^{-2}$	Peso de mil grãos	Rendimento grãos
Pearson correlation coefficient ( r )					
Nº espigas $\text{m}^{-2}$	-	-	-	-	-
Nº grãos espiga <sup>-1</sup>	-0,27 **	-	-	-	-
Nº grãos $\text{m}^{-2}$	0,81 **	0,34 **	-	-	-
Peso de mil grãos	n.s.	n.s.	0,26 *	-	-
Rendimento grãos	0,68 **	0,27 **	0,84 **	0,34 **	-

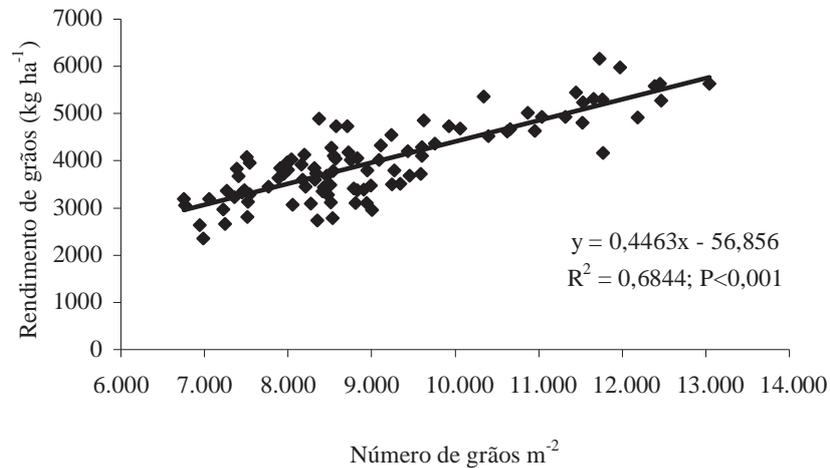
\* significativo com  $P < 0,05$ , \*\* significativo com  $P < 0,01$ ; n.s.= não significativo

Para avaliar quais os componentes do rendimento que mais influenciaram o rendimento de grãos, usaram-se equações de regressão entre os mesmos.

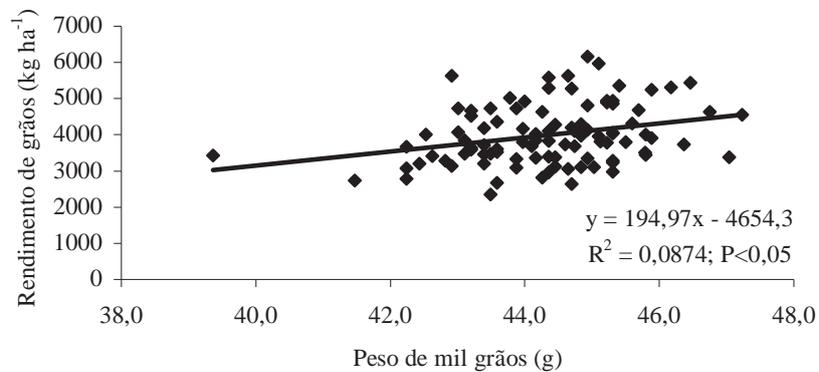
De fato, há componentes da produção que estão muito relacionados com o rendimento da cevada nas condições do Sul do Brasil, como é o exemplo do número de grãos  $m^{-2}$  (Figura 4). Igualmente a todos os outros cultivos (trigo, soja, milho, etc), as variações no rendimento de cevada são explicadas pelas mudanças no número de grãos por unidade de área, já que não se observam grandes relações entre o rendimento e o peso de grãos (MIRALLES et al., 2011; MCMASTER, 1997).

Relativamente ao peso do grão, como encontrou-se baixa relação com a produção (Figura 5). Parece que este componente, nos cereais, é menos influente que a quantidade de grãos por unidade de superfície na formação do rendimento da cevada, estando muito associado, conforme também referem Calderini et al. (1999), às características dos genótipos.

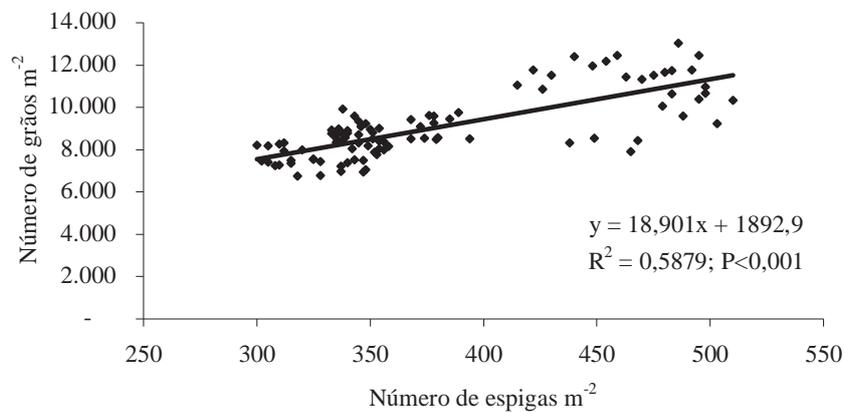
Assim, quando se observa a relação do número de grãos  $m^{-2}$  com seus sub-componentes, número de espigas  $m^{-2}$  (Figura 6) e número de grãos espiga<sup>-1</sup> (Figura 7), verifica-se que a maior relação está com o número de espigas  $m^{-2}$ . Isto ocorre porque em cevada cada espigueta diferencia um primórdio floral que posteriormente poderá ser ou não uma flor fértil, enquanto em trigo, cada espigueta pode conter 9 a 12 primórdios e se estabelecer entre 0 a 4 flores férteis por espigueta. Desta forma, o cultivo de cevada possui pouca plasticidade para modificar o número de grãos por espiga (MIRALLES et al., 2011).



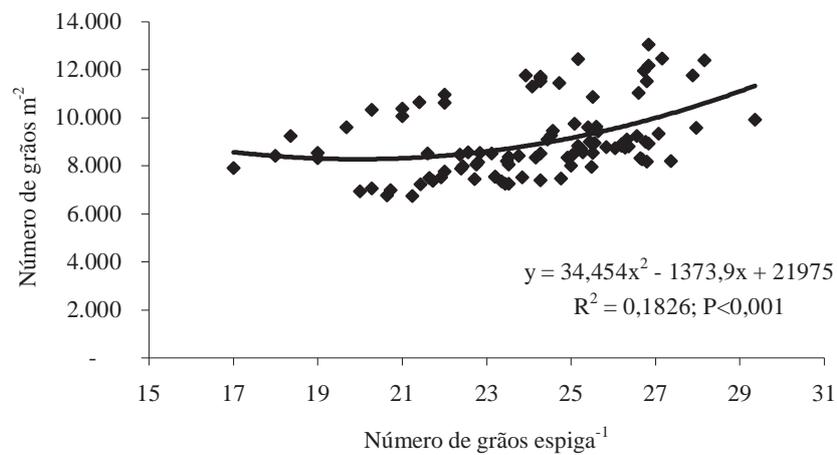
**Figura 4** – Relação do número médio de grãos  $m^{-2}$  de cevada com rendimento médio de grãos ( $kg\ ha^{-1}$ ), a partir das verificações efetuadas em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010.



**Figura 5** – Relação do peso médio de mil grãos (g) de cevada com rendimento médio de grãos ( $kg\ ha^{-1}$ ), a partir das verificações efetuadas em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010.



**Figura 6** – Relação do número médio de espigas m<sup>-2</sup> de cevada com o número médio de grãos m<sup>-2</sup>, a partir das verificações efetuadas em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010.



**Figura 7** – Relação do número de grãos espiga<sup>-1</sup> de cevada com o número médio de grãos m<sup>-2</sup>, a partir das verificações efetuadas em Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010.

## 4.2 Qualidade de cevada

Antes de ser utilizada na cervejaria, a cevada cervejeira deve ser transformada em malte. Para transformar a cevada em malte, os grãos passam pelo processo de germinação onde ocorre uma série de transformações metabólicas que permitem que estes grãos possam ser utilizados para produção de cerveja. Assim, para se obter uma cerveja de qualidade, é necessário uma cevada cervejeira que tenha um poder germinativo elevado e que possua características bioquímicas e metabólicas desejáveis para os processos de malteação.

Os fatores observados para que a cevada seja considerada uma boa matéria-prima para fins cervejeiros são: aspecto dos grãos (cor, cheiro, odor), proteínas, poder germinativo e classificação comercial (SENAI, 2004).

O ambiente (local) e o genótipo influenciaram o teor de proteínas no grão da cevada, não sendo observada interação entre estes dois fatores para esta característica. (Apêndice 18). O coeficiente de variação de 4,44% ficou dentro do valor esperado para a espécie (Tabela 10).

**Tabela 10** – Teores médios de proteínas (%) nos grãos, por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010

Cultivar					Média
	JC	LV	PF	VG	
	%				
BRS Elis	8,8	9,0	9,8	10,4	9,5 c <sup>1</sup>
BRS Caue	8,8	9,5	10,5	10,3	9,8 bc
MN 743	9,5	10,1	11,1	11,2	10,5 a
MN 610	9,6	10,2	10,9	11,1	10,5 a
BRS 195	8,8	9,8	10,7	10,8	10 ab
Scarlett	8,5	9,2	9,7	10,1	9,4 c
Média	C 9,0	B 9,6	A 10,5	A 10,6	
Fontes de variação					Valor F teste
Local	-	-	-	-	72,97 *
Genótipos	-	-	-	-	19,20 *
Loc x Gen	-	-	-	-	0,73 ns
CV (%)	-	-	-	-	4,44

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

Conforme Kunze (2006), o teor de proteínas em cevada pode variar entre 8 a 16%. Em Victor Graeff e Passo Fundo foram obtidos os maiores teores médios de proteínas, com 10,6% e 10,5% respectivamente. Em Júlio de Castilhos os materiais atingiram média de 9%, sendo inferior aos demais e abaixo do mínimo ideal (9,5%). Valores de proteínas como os obtidos em Victor Graeff e Passo Fundo, apesar de maiores e serem diferentes estatisticamente dos outros locais, estão em uma faixa desejável para a cevada cervejeira, sendo ideal no máximo 11,5% (KUNZE, 2006). Conforme Sávio & Aguinaga (2011) o teor de proteína é um caráter mais fortemente influenciado pelo ambiente do que pelo genótipo.

A avaliação do teor de proteínas é muito importante, pois influencia diversas características da cerveja, como cor, espuma, paladar e estabilidade. Valores altos de proteínas (acima da faixa ideal) possuem correlação negativa com teores de carboidratos influenciando o teor de extrato (FOX et al., 2003), maior tempo no processo de malteação e conseqüentemente aumento dos custos industriais (KUNZE, 2006). Teores de proteínas acima do ideal foram comuns no Brasil, entretanto, com o trabalho do melhoramento genético, este problema foi superado com aumento da produtividade das cultivares, resultado de cruzamentos artificiais com materiais europeus de altos potenciais produtivos.

Teores de proteínas como os encontrados em Júlio de Castilhos, estão em uma faixa de atenção, devido à ocorrência de valores abaixo do desejável, que podem refletir em problemas de espuma e na etapa de fermentação da cerveja. O que pode ter influenciado para a ocorrência de baixos teores de proteínas, em Júlio de Castilhos, foram as características químicas do solo, tendo em vista que grande parte dos parâmetros da análise de solo estavam abaixo do ideal, principalmente, matéria orgânica (Apêndice 1). Também é importante salientar a ocorrência de altas temperaturas no mês de setembro, em Júlio de Castilhos, no período de pré-floração, pois conforme Savin & Aguinaga (2011), quanto mais altas forem as temperaturas neste período, menor será a fonte de nitrogênio a ser redistribuído para as diferentes partes da planta.

As cultivares que produziram os maiores teores de proteínas nos grãos foram MN 743 e MN 610, não diferindo de BRS 195 (Tabela 10). Há uma tendência de valores mais altos de proteínas

em materiais que possuem um potencial produtivo menor, tendo em vista que quando a produtividade é baixa, o conteúdo protéico é distribuído entre os grãos produzidos (PRYSTUPA & FERRARIS, 2011).

O poder germinativo representa o percentual de grãos vivos, ou seja, a capacidade latente de germinação. Para esta característica a análise de variância (Apêndice 19) indicou efeito do local e interação genótipo x local significativa ao nível de 5% de probabilidade. O coeficiente de variação médio foi 5,25%, variando entre 2,7% em Lagoa Vermelha e 8,35% em Victor, dentro do valor esperado (Tabela 11).

**Tabela 11** – Poder germinativo (%) dos grãos, por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC), Lagoa Vermelha (LV), Passo Fundo (PF) e Victor Graeff (VG), 2010

Cultivar	JC		LV		PF		VG		Média				
	%												
BRS Elis	A	96	ns <sup>1</sup>	A	97	ns	A	89	ns	B	68	ns	87
BRS Caue	AB	92		A	97		B	88		C	74		88
MN 743	AB	89		A	95		AB	85		B	81		88
MN 610	A	92		A	94		B	81		B	78		86
BRS 195	A	95		A	97		A	91		B	78		90
Scarlett	AB	96		A	98		B	90		C	75		90
Média		93			96			87			76		
Fontes de variação													Valor F teste
Local													92,3 *
Genótipos													1,73 ns
Loc x Gen													2,22 *
CV (%)	3,72		2,70		6,11		8,35		5,25				

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

Os grãos colhidos nas localidades de Júlio de Castilhos e Lagoa Vermelha, em geral, apresentaram maior poder germinativo. No entanto, todas as cultivares apresentaram menor poder germinativo quando provenientes da localidade de Victor Graeff, principalmente as cultivares BRS Cauê e Scarlett (Tabela 11).

A faixa ideal é acima de 95 % (BRASIL, 1996) sendo este o item mais importante de qualidade da cevada cervejeira, pois grãos que não germinam não serão transformados em malte.

Os dados de poder germinativo (Tabela 11) apresentaram valores médios mais baixos em Passo Fundo e Victor Graeff. Este cenário se assemelha, dependendo do ano, quando se trata de grandes áreas plantadas nesta região, principalmente pelas precipitações pluviais mais frequentes na época de novembro e dezembro, época de colheita da cevada.

Com a grande demanda da indústria cervejeira por alta qualidade malteira, as cultivares foram sendo adaptadas para germinar com mais facilidade, dentro das maltarias. Com isso, também, gerou-se um problema no campo, pois qualquer precipitação que venha ocorrer no período de maturação fisiológica, pode gerar os chamados pré-germinados, grãos que já iniciaram o processo de germinação e não podem mais ser utilizados para fabricação de malte.

Segundo Li et al. (2004), a ocorrência de pré-germinado é consequência de uma baixa dormência nos grãos antes da colheita. Conforme observado por estes autores, a dormência é uma característica influenciada pelo genótipo, mas também pelo ambiente durante a formação do grão, principalmente através de temperaturas altas. De acordo com Rodriguez et al. (2001), a temperatura explicou a

variação nos níveis de dormência entre anos e localidades para cultivar Quilmes Palomar, podendo explicar também a suscetibilidade ao pré-germinado.

Em Victor Graeff, a colheita foi efetuada no dia 13 de novembro, sendo que no dia 10 de novembro houve uma precipitação de 10 mm, o que possivelmente contribuiu para os baixos valores de poder germinativo. Em Passo Fundo, ocorreu uma precipitação de 41 mm nos dias 30 e 31 de outubro, fazendo com que os materiais mais precoces como MN 743 e MN 610, fossem ainda mais prejudicados. Possivelmente para estes dois ambientes, o valor de dormência dos grãos pode ajudar a explicar os resultados obtidos.

Diversas ações estão sendo propostas e colocadas em prática no Brasil para minimizar o problema de baixo poder germinativo, como: regionalização dos ambientes de cultivo, ou seja, incentivar o plantio de cevada em regiões onde historicamente sejam menores as precipitações pluviais na época de colheita, como a região sul do Rio Grande do Sul; aprimorar a época de semeadura, em diferentes ambientes, diluindo o período de semeadura dentro da época recomendada, colhendo em períodos preferenciais, evitando que a cevada fique no campo por um maior período; novas estratégias nos cruzamentos, incluindo no bloco de cruzamentos genitores com maior grau de dormência nos grãos, evitando assim a ocorrência de grãos pré-germinados. A dormência é uma característica poligênica, mas é também de alta herdabilidade, tendo em vista que foi identificado um QTL no braço longo do cromossomo 5H da cevada, o qual explica mais de 70% da variação fenotípica (LI et al., 2004). Desta forma,

ampliam-se as possibilidades de trabalhar com marcadores moleculares para este objetivo.

Devido às variações de poder germinativo, as amostras enviadas para o teste de malteação foram apenas as de Lagoa Vermelha e Júlio de Castilhos.

### **4.3 Qualidade de malte**

A qualidade do malte tem grande importância para a qualidade da cerveja, já que a sua composição complexa cede à cerveja muitas de suas características físico-químicas e organolépticas (aroma e paladar). Dentro desta composição encontram-se os  $\beta$ -glucanos, polissacarídeos que ocorrem no endosperma e parede celular do grão de cevada. Os valores percentuais que ocupam no grão variam entre 4 a 7% (KUNZE, 2006).

Para os teores de  $\beta$ -glucanos no malte, a análise de variância (Apêndice 20) indicou significância pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, para o fator genótipo e local, sendo a interação entre eles não significativa. O coeficiente de variação de 21,3% ficou acima do valor esperado para a espécie (Tabela 12), no entanto é um valor similar ao encontrado por Čertík et al. (2008), demonstrando a possibilidade do teor de  $\beta$ -glucanos apresentar coeficientes de variação mais altos.

**Tabela 12** – Teores médios de  $\beta$ -glucanos (ppm), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC) e Lagoa Vermelha (LV), 2010

Cultivar	%		Média	
	JC	LV		
BRS Elis	328	174	251	bc
BRS Caue	187	132	160	c
MN 743	442	290	366	a
MN 610	501	329	415	a
BRS 195	417	300	358	ab
Scarlett	460	200	330	ab
Média	A 389	B 238	313	
Fontes de variação			Valor F teste	
Local	-	-	58,52	*
Genótipos	-	-	14,51	*
Loc x Gen	-	-	1,92	ns
CV (%)	-	-	21,93	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

A degradação das moléculas de  $\beta$ -glucanos no malte é de extrema importância, tendo em vista que quando entram em solução, as moléculas se condensam formando pontes de hidrogênio e entre outras conformações, tendo a possibilidade de aumentar a viscosidade de um líquido. Este fato pode refletir negativamente e ser percebido até na cerveja envasada (KUNZE, 2006). Os valores desejados de  $\beta$ -glucanos são inferiores a 200 ppm.

Nas duas localidades estudadas, as cultivares apresentaram valores de  $\beta$ -glucanos bem acima do limite máximo tolerado, sendo que cultivares MN 743 e MN 610 apresentaram os maiores valores, não diferindo de BRS 195 e Scarlett (Tabela 12). Conforme Ehrenbergerová et al. (2008), temperaturas mais altas no período de enchimento de grãos podem propiciar aumento no conteúdo de  $\beta$ -glucanos nos grãos.

Em Lagoa Vermelha houve uma tendência de melhor qualidade malteira, devido provavelmente às características climáticas mais favoráveis ao cultivo de cevada do que Júlio de Castilhos. Nota-se que principalmente na cultivar BRS Cauê, que hoje é referência no Brasil, ambos locais apresentam bons teores de  $\beta$ -glucanos. Este resultado se deve à genética desta cultivar, que tem como um dos genitores BRS Borema, material de tipo agrônomico convencional, mas de alta qualidade malteira (EMBRAPA, 2011).

Os resultados de F teste (Tabela 14), indicaram uma maior influência ambiental para esta característica. De acordo com Lehtonen & Aikasalo (1987) e Perez-Vendrel et al. (1996), os fatores ambientais são os principais componentes atuando na expressão dos  $\beta$ -glucanos. Stuart et al. (1986) observaram que a atividade das  $\beta$ -glucanases foi influenciada mais fortemente pelo ambiente do que pelas condições genóticas, o que indica uma baixa herdabilidade para esta característica.

Para teor de extrato no malte, a análise da variância (Apêndice 21) acusou efeito significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, para a interação genótipo x local, genótipo e local (Tabela 13), ou seja, o teor de extrato do malte foi influenciado pelo ambiente, pelo genótipo e também pela interação destes fatores. O coeficiente de variação de 0,56%, está dentro do valor aceitável para a espécie.

**Tabela 13** – Teores médios de extrato (%), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC) e Lagoa Vermelha (LV), 2010

Cultivar	JC		LV		Média		
BRS Elis	B	83,4	a	A	83,9	ab	83,6
BRS Caue	B	82,1	cd	A	82,5	bc	82,3
MN 743	NS	81,5	d		81,9	c	81,7
MN 610	NS	82,0	cd		81,9	c	82
BRS 195	NS	82,6	bc		82,3	c	82,5
Scarlett	B	83,1	ab	A	84,4	ab	83,7
Média		82,5			82,8		82,6
Fontes de variação					Valor F teste		
Local		-			-		7,17 *
Genótipos		-			-		27,90 *
Loc x Gen		-			-		2,79 *
CV (%)		0,37			0,74		0,56

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

Em Júlio de Castilhos e Lagoa Vermelha as cultivares BRS Elis e Scarlett apresentaram os maiores teores de extrato. BRS Elis, BRS Cauê e Scarlett produziram maiores teores de extrato em Lagoa Vermelha. Para as cultivares MN 743, MN 610 e BRS 195 não houve diferença estatística no teor de extrato nos diferentes locais (Tabela 13).

Todos os genótipos cultivados nestes dois locais apresentaram teor de extrato acima do mínimo desejável de 80,5% (Maltaria Navegantes, dados não publicados). Estes resultados evidenciam cada vez mais o trabalho do melhoramento genético para a qualidade, muito influenciada pela genética de materiais europeus.

Os valores de F teste (Tabela 13), indicam uma maior influência do genótipo para esta característica. Este resultado é similar ao encontrado por Eagles et al. (1995), que comentam a existência de

um maior componente genético atuando para esta característica, a qual é considerada de alta herdabilidade.

Para os teores de FAN, a análise de variância (Apêndice 22) indicou significância pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, para os fatores genótipo e local. O coeficiente de variação de 5,17% ficou dentro do valor esperado para a espécie (Tabela 14).

**Tabela 14** – Teores médios de amino nitrogênio livre (FAN), por cultivar de cevada, obtidos em Júlio de Castilhos (JC) e Lagoa Vermelha (LV), 2010

Cultivar	%		Média
	JC	LV	
BRS Elis	183	198	191 a
BRS Caue	177	199	188 a
MN 743	155	177	166 b
MN 610	128	147	138 c
BRS 195	168	174	171 b
Scarlett	155	183	169 b
Média	B 161	A 180	170
Fontes de variação			Valor F teste
Local	-	-	54,42 *
Genótipos	-	-	37,25 *
Loc x Gen	-	-	1,42 ns
CV (%)	-	-	5,17

<sup>†</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F; ns: não significativo.

Tanto na localidade de Lagoa Vermelha quanto em Júlio de Castilhos, as cultivares atingiram valores elevados de FAN, 180 e 161 ppm respectivamente, estando acima do mínimo desejado (150 ppm).

As cultivares BRS Elis e BRS Cauê obtiveram os melhores valores, sendo MN 610 a que apresentou o menor resultado

(138 ppm), com um valor abaixo do ideal, confirmando que é uma cultivar com qualidade de malte abaixo das demais para valores de FAN (Tabela 14).

#### 4.4 Ranking de qualidade de malte

Para uma melhor comparação do comportamento das cultivares quanto à qualidade de malte, utilizou-se um ranking (utilizado pela empresa cervejeira Ambev), que leva em consideração as características discutidas como teores de extrato,  $\beta$ -glucanos e FAN (Tabela 15 e 16), sendo 100 a pontuação máxima para cada item.

**Tabela 15** – Ranking médio da qualidade de malte (extrato,  $\beta$ -glucanos, FAN), por cultivar de cevada, obtido em Júlio de Castilhos, 2010

Cultivar	Extrato	$\beta$ -glucanos	FAN	Ranking médio
BRS Elis	100 <sup>2</sup>	0	100	67 ab <sup>1</sup>
BRS Cauê	100	75	100	92 a
MN 743	100	0	0	33 c
MN 610	100	0	100	67 ab
BRS 195	100	0	75	58 bc
Scarlett	100	0	75	58 bc
Média	100	12,5	75	63

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05);

<sup>2</sup> Soma de pontuação obtida em quatro repetições, sendo a pontuação máxima 100.

**Tabela 16** – Ranking médio da qualidade de malte (extrato,  $\beta$ -glucanos, FAN), por cultivar de cevada, obtido em Lagoa Vermelha, 2010

Cultivar	Extrato	$\beta$ -glucanos	FAN	Ranking médio
BRS Elis	100 <sup>2</sup>	75	100	92 a <sup>1</sup>
BRS Cauê	100	75	100	92 a
MN 743	100	0	100	67 ab
MN 610	100	0	25	42 b
BRS 195	100	0	100	67 ab
Scarlett	100	50	100	83 a
Média	100	33	87	74

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05);

<sup>2</sup> soma de pontuação obtida em quatro repetições, sendo a pontuação máxima 100.

Dentre as cultivares de cevada testadas, observou-se deficiência para alguns parâmetros de qualidade, entre eles  $\beta$ -glucanos.

No ranking médio, BRS Cauê e BRS Elis apresentaram superioridade em ambos os locais estudados (Tabelas 15 e 16). Estes dados confirmam o acerto na decisão de aumento de área destas cultivares no Brasil, sendo que atualmente BRS Cauê e BRS Elis participam com 50% e 10% da área plantada, respectivamente (Ambev, dados não publicados).

A cultivar ideal seria aquela com ranking médio de 100 pontos, sendo esse o foco de todo o melhorista. Porém, para se chegar a este objetivo são muitas variáveis e influências de genótipo e ambiente, que tornam o trabalho fascinante. Houve diferença estatística significativa para o ranking médio entre os genótipos. Em Júlio de Castilhos, BRS Cauê (92) obteve melhor resultado, seguida

por BRS Elis (67) e MN 610 (67). Já em Lagoa Vermelha, BRS Cauê (92), BRS Elis (92) e Scarlett (83) se destacaram, seguidas por MN 743 (67) e BRS 195 (67).

As variações apresentadas pelas cultivares para os diferentes componentes do ranking, são de extrema importância para a indústria cervejeira, tendo em vista que as cervejarias precisam de especificações de malte que atendam a diversos parâmetros de qualidade. Para que as maltarias consigam suprir esta demanda, necessitam de matéria-prima com características diferentes, para fazer o chamado “blend” (mistura) de diferentes tipos de malte, atendendo assim as especificações das cervejarias.

De maneira geral, o ambiente (local) influenciou todas as nove características avaliadas no estudo, tanto de rendimento e seus componentes quanto de qualidade de cevada e malte (Tabela 17). Todas as características avaliadas são determinadas por muitos genes, ou seja, grande parte das características agronômicas que os melhoristas de plantas trabalham, apresentam herança quantitativa (RAMALHO et al., 2004), as quais têm a expressão de suas características geralmente com forte influência ambiental (água, nutrientes, temperatura, agentes bióticos, luminosidade, etc).

**Tabela 17** – Significância do efeito dos genótipos, dos locais e da interação genótipo x local em cevada, para os diferentes parâmetros avaliados, 2010

Parâmetros avaliados	Significância		
	Genótipos	Locais	Interação
Rendimento de grãos	NS <sup>1</sup>	*	*
Número espigas m <sup>-2</sup>	*	*	*
Número grãos espiga <sup>-1</sup>	*	*	NS
Peso mil grãos	NS	*	*
Proteína	*	*	NS
Poder germinativo	NS	*	*
β-glucanos	*	*	NS
Extrato	*	*	*
FAN	*	*	NS

<sup>1</sup>NS: não significativo; \* significativo ao nível de 5%, pelo teste F.

Dentre os aspectos agronômicos a localidade de Victor Graeff se destacou positivamente, principalmente com alto potencial de rendimento, demonstrando que possui um ambiente propício para alcançar altos rendimentos. Para características de qualidade, foi em Lagoa Vermelha onde se obteve praticamente todos os parâmetros dentro de especificação, com exceção apenas de β-glucanos com avaliação regular (Tabela 16).

Quanto ao genótipo, este teve menor influência nas variáveis analisadas se comparado ao ambiente, influenciando mais as características de qualidade como teor de proteína, β-glucanos, teor de extrato e FAN. No entanto as cultivares foram estáveis para o rendimento de grãos e poder germinativo, não havendo significância do efeito do genótipo isolado (Tabela 17). Este resultado pode ser explicado devido a estas cultivares terem sido selecionadas para

características de alta produtividade e poder germinativo, possuem ampla adaptabilidade, tendo em vista que todas são registradas e recomendadas para plantio na região sul do Brasil.

Das nove características estudadas, foi detectada interação genótipo x ambiente para cinco delas: rendimento de grãos, número de espigas  $m^{-2}$ , peso de mil grãos, poder germinativo e teor de extrato (Tabela 17), ou seja, características extremamente importantes para a cervejaria. Em um experimento similar, com coeficiente de variação médio de 13,64%, para a variável rendimento de grãos, em três anos de cultivo (2006, 2007 e 2008), em quatro regiões no Rio Grande do Sul e seis cultivares de cevada, observou-se efeito significativo para todas as causas de variação, verificando grande influência de ano e da interação ano x local. Os valores de F teste encontrados foram de 16,5 para o fator ano e 28,2 para interação ano x local, sendo este, o maior valor de F encontrado na análise de variância (BOROWSKI, dados não publicados).

Isso indica a necessidade de aprofundar estudos sobre interação, para uma melhor regionalização da produção de cevada cervejeira no Brasil. Torna-se muito importante a continuidade deste estudo por mais alguns anos, tendo em vista que a possibilidade de inserir o fator ano nestas análises, pode elucidar com mais clareza o comportamento das diferentes cultivares, visando a indicação para microrregiões no Sul do Brasil.

## 5 CONCLUSÕES

A interação genótipo x ambiente significativa observada para características agronômicas e qualitativas, confirmam a necessidade de avaliação genotípica em múltiplos ambientes, antes de decisões sobre lançamento e regionalização de cultivares de cevada no Rio Grande do Sul.

Os genótipos mostraram maior estabilidade quanto ao poder germinativo e o rendimento de grãos.

A cultivar BRS Cauê e BRS Elis se destacaram em características de qualidade de malte nos dois ambientes estudados.

As condições de Victor Graeff e Passo Fundo foram mais favoráveis para características agronômicas e componentes do rendimento. As condições de Lagoa Vermelha foram as mais favoráveis para características de qualidade, dentre os locais estudados no ano de 2010.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELED0, G.L.; CALDERINI, D.; SLAFER, G.A. Genetic improvement of barley yield potential and its physiological determinants in Argentina (1944–1998). *Euphytica*, v.130, p.325–334, 2003.

AHOKAS, H.; NASKALI, L. Geographic variation of  $\alpha$ -amylases,  $\beta$ -amylases,  $\beta$ -glucanase, pullunase and chitinase activity in germinating *Hordeum spontaneum* barley from Israel and Jordan. *Genética*, v. 82, p.73–78, 1990.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M.; SANGOI, L. Conceito de ideotipo e seu uso no aumento do rendimento potencial de cereais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 28, n. 2, p.325-332, 1998.

ALTHAUS, R.A.; CANTERI, M.G.; GIGLIOTI, E.A. *Tecnologia da informação aplicada ao agronegócio e ciências ambientais: sistema para análise e separação de médias pelos métodos de Duncan, Tukey e Scott-Knott*. Anais do X Encontro Anual de Iniciação Científica, Parte 1, Ponta Grossa, p.280-281, 2001.

ANTONIAZZI, N. *Desenvolvimento de cevada em resposta ao uso de elicitores para o controle de *Bipolaris sorokiniana**. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração em produção vegetal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ÁRIAS, G. *Mejoramiento genético y producion de cebada cervecera en América del Sur*. Santiago: FAO, p.157, 1995.

ASPEGREN, K.; MANNONEN, L.; RITALA, A.; PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; KURTÉN, U.; SALMENKALLIO-MARTTILA, M.; KAUPPINEN, V.; TEERI, T.H. Secretion of a heat-stable fungal  $\beta$ -glucanase from transgenic, suspension-cultured barley cells. *Molecular Breeding*, v.11, p.91-99, 1995.

BARBIERI, R.L. *Origem e evolução de plantas cultivadas*. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF, p.289-310, 2008.

BELAN, H.C.; CANTERI, M.G. *AGROSTAT - Sistema de Análise e separação de médias em experimentos agrícolas*. XIII Encontro Anual de Iniciação Científica, Londrina, 2004.

BORÉM, A. *Melhoramento de plantas*. Viçosa, MG: Editora UFV, ed. 3, p.500, 2001.

BORÉM, A. *Melhoramento de plantas*. Viçosa, MG: Editora UFV, ed. 2, p.453, 1998.

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

BOTHMER, R.V.; JACOBSEN, N.; BADEN, C.; JORGENSEN, R.B.; LINDE-LAURSEN, S. *An ecogeographical study of genus Hordeum*. 2nd ed. Rome, IPGRI p. 129. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools, p.1-28, 1995.

BRAHMA. *A Brahma e a cevada no Brasil*. v. 1, p. 36, 1977.

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](http://www.claspar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/cevadaindus691_96.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2012.

CAIERÃO, E. Cevada. In: BARBIERI, R.L. *Origem e evolução de plantas cultivadas*. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF. p.289-310, 2008.

CAIERÃO, E. *Resultados agronômicos e qualitativos da nova cultivar de cevada MN 743*. Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.6, p.1441-1443, nov-dez, 2005.

CALDERINI, D.F.; ABELEDO, L.G.; SAVIN, R.; SLAFER, G.A. Final grain weight in wheat as affected by short periods of high temperature during pre- and pos-anthesis under field conditions. *Australian Journal of Plant Physiology* 26, p.453-458, 1999.

CARGNIN, A. et al. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 6, p. 987-993, jun, 2006.

CARVALHO, C.G.P. et al. Correlação e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.3, p.311-320, 2002.

ČERTÍK, M.; HAVRLETOVÁ, M.; JEŠKO, D.; BIELIKOVÁ, M.; HOZLÁR, P.; KRAIC, J. A study of some biochemical parameters in relation to oat Glume colour. *Agriculture*, v. 54, n. 2, p.72-78, 2008.

CONAB. Área (mil ha), produção (mil t) e rendimento (kg/ha) de cevada no Brasil, total e por estado, nas safras 2009/10, 2010/11 e 2011/12. In: Embrapa Trigo. *Cevada em números 2011*. Disponível em: < [http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/economia/cevada\\_numeros\\_2011.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/economia/cevada_numeros_2011.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2012.

DAL RI, G.S.; ROCHA, N.T.F.; VOLPI, R.A. *O processo de malteação – Companhia cervejaria BRAHMA*. Maltaria Navegantes - RS, 1995.

DEFESA CIVIL. *Consulta – Índices pluviométricos*. Disponível em: <[http://www.defesacivil.rs.gov.br/consulta\\_pluviometros.html](http://www.defesacivil.rs.gov.br/consulta_pluviometros.html)>. Acesso em: 31 dez. 2010.

DEON, A.Z. et al. *Otimização da técnica de obtenção de plantas duplo-haplóides através da cultura de anteras de cevada*. Passo Fundo, Embrapa, 2008.

EAGLES, H.A.; BEDGGOOD, A.G.; PANOZZO, J.F.; MARTIN, P.I. *Cultivar and environmental effects on malting quality in barley*. *Aust. J. Agric. Res.*, v. 46, p.831-844, 1995.

EHRENBERGEROVÁ, J.; BELCREDI, N.B.; PSOTA, V.; HRSTKOVÁ, P.; CERKAL, R.; NEWMAN, C.W. Changes Caused by Genotype and Environmental Conditions in Beta-Glucan Content of Spring Barley for Dietetically Beneficial Human Nutrition. *Plant foods for human nutrition*. v. 63, n. 3, p.111-117, 2008.

EMBRAPA. *Catálogo de produtos e serviços: Cevada*. Disponível em: <[http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo\\_de\\_produtos\\_e\\_servicos/arvore/CONT000foit92yo02wyiv800p12zoxd0hpbu.html](http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo_de_produtos_e_servicos/arvore/CONT000foit92yo02wyiv800p12zoxd0hpbu.html)>. Acesso em: 02 fev. 2012.

EMBRAPA. *Cevada*. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/cevada/index.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2011.

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

FAROUGHI-WEHR, B. et al. On the genetic improvement of androgenetic haploid formation in *Hordeum vulgare* L. *Theoretical and Applied Genetics*, v.62, p.233-239, 1982.

FEPAGRO. Dados meteorológicos – Rio Grande do Sul. In: AGRITEMPO. *Sistema de Monitoramento Agrometeorológico*. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=RS>>. Acesso em: 31 dez. 2010.

FOX, G.P.; PANOZZO, J.F.; LI, C.D.; LANCE, R.C.M.; INKERMAN, P.A.; HENRY, R.J. Molecular basis of barley quality. *Australian Journal of Agricultural Research*, n. 54, p.1081-1101, 2003.

GEORG-KRAEMER, J. et al. Desenvolvimento de populações duplo-haplóides de cevada cervejeira associadas à atividade das enzimas (1-3, 1-4)- $\beta$ -glucanases. *Ciência Rural*. v.41, n.5, p.828-833, 2011.

GEORG-KRAEMER, J.E.; CAIERÃO, E.; MINELLA, E.; BARBOSA-NETO, J.F.; CAVALLI, S.S. *The (1-3, 1-4)- $\beta$ -glutamates in malting barley: enzyme survival and genetic and environmental effects*. J. Inst. Brew., v. 110, p.303-308, 2004.

GODOY, C.V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v.1, n.2, p.18-24. 2001.

GOOGLE EARTH. *Maps*. Disponível em:

<googleearthonline.blogspot.com>. Acesso em: 23 jul. 2010.

HAYES, P.M.; CHEN, F.Q. Genotypic variation of *Hordeum bulbosum* L. mediated haploid production in winter and facultative barley. *Crop Science, Madison*, v. 29, n. 5, p.1184-1188, 1989.

HAYES, P.M.; LIU, B.H.; KNAPP, S.J.; CHEN, F.Q.; JONES, B.L.; BLAKE, T.K.; FRANCKOWIAK, J.D.; HENRY, R.J. *Genetic and environmental variation in the pentosan and  $\beta$ -glucanases contents of barley, and their relation to malting quality*. *J. Cer. Sci.*, v. 4, p.269-277, 1986.

INMET-SONABRA. *Monitoramento das estações automáticas*. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/pg\\_automaticas.php](http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/pg_automaticas.php)>. Acesso em: 31 dez. 2010.

JALATA, Z.; AYANA, A.; ZELEKE, H. Variability, Heritability and Genetic Advance for Some Yield and Yield Related Traits in Ethiopian Barley (*Hordeum vulgare* L.) Landraces and Crosses. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, v.5, p.44-52, 2011.

KUNZE, W. *Tecnología para cerveceros y malteros*. Berlin: VLB, 2006.

KUREK, A.J. et al. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.7, n.1, p.29-32, 2001.

LEHTONEN, M.; AIKASALO, R.  $\beta$ -Glucan in two and six-rowed barley. *Cereal Chemistry*, v. 64, p.191-192, 1987.

LI, C.; NI P.; FRANCKI, M.; HUNTER, A.; ZHANG, Y.; SCHIBECI, D.; LI, H.; TARR, A.; WANG, J.; CAKIR, M.; YU, J.; BELLGARD, M.; LANCE, R.; APPELS, R. Genes controlling seed dormancy and pre-harvest sprouting in a rice-wheat-barley comparison. *Funct Integr Genomics*. p.84-93, fev., 2004.

MAIA, C.C.M.; ROCHA, M.M. *Interação genótipo por ambiente: problema ou oportunidade para o melhoramento genético?*, 2007. Disponível em: <<http://74.220.207.63/~agrosoft/pdf.php/?node=27180>>. Acesso em: 19 jan. 2012.

MAKÁK, M.; POSPISIL, R.; ZAK, S.; HANACKOVÁ, E. Yield and yield components of spring barley as affected by organic and low input system. *Acta fytotechnica et zootechnica 1 Nitra, Slovaca, Universitas Agriculturae Nitriae*, p.1-4, 2009.

McFADDEN, G.I.; AHLUWALIA, B.; CLARKE, A.E.; FINCHER, G.B. *Expression sites and developmental regulation of genes encoding (1-3, 1-4)- $\beta$ -glucanases in germinated barley*. *Planta*, v.172, p.500-508, 1988.

MCMASTER, G.S. *Phenology, development and growth of the wheat (Triticum aestivum L.) shoot apex: a review*. *Advances in Agronomy*, Madison, v.59, p.63-118, 1997.

MINELLA, E. *Cevada – demanda em alta, produção em baixa*. A Granja. Edição 738, 2010.

MINELLA, E. Hibridação em cevada. In: BOREM, A. (Org.). *Hibridação artificial de plantas*. Viçosa: Editora UFV, p.255-267, 1999.

MINELLA, E. Melhoramento da Cevada. In: BOREM, A. *Melhoramento de Plantas*. Viçosa: UFV, 1998.

MINELLA, E. et al. *BRS MANDURI: nova opção varietal de cevada cervejeira para produção irrigada*. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/cevada/xxviiiirnpc2011/Trabalhos\\_Anais/Genetica/Genetica-Cultivar%20BRS%20Manduri%20Minella.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/cevada/xxviiiirnpc2011/Trabalhos_Anais/Genetica/Genetica-Cultivar%20BRS%20Manduri%20Minella.pdf)>. Acesso em: 28 dez. 2011.

MINELLA, E.; SILVA, M.S. Breeding barley for aluminum tolerance in Brazil. In: *Internacional Oat Conference, 5., International Barley Genetics Symposium, 7.*, 1996, Saskatoon. Proceedings: pôster sessions. Saskatoon: University of Saskatchewan, v.2, p.528-529, 1996.

MIRALLES, D.J.; ARISNABARRETA, S.; ALZUETA, I. Desarrollo ontogênico y generación del rendimiento. In: MIRALLES, D.J.; BENECH-ARNOLD, R.L.; ABELEDO, G. *Cebada cervecera*. Buenos Aires: Gráfica, p.1-34, 2011.

MOLINA, L.G.; REIMERS, T.G.; MINELLA, E. *Melhoramento varietal de cevada por hibridação artificial*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. Seção II – Melhoramento e Biotecnologia. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do82\\_30.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do82_30.htm)>. Acesso em: 04 jan. 2012.

MOLINA-CANO, J.L.; FRANCESCH, M.; PEREZ-VENDRELL, A.M.; RAMO, T.; VOLTAS, J.; BRUFAU, J. *Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley*. *J. Cer. Sci.*, v. 25, p.37-47, 1997.

MORAES-FERNANDES, M.I.B. et al. Obtenção de plantas haplóides através da cultura de anteras. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S. (Eds.) *Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas*. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, p.311-332, 1990.

PEREZ-VEDRELL, A.M.; BRUFAU, J.; MOLINA-CANO, J.L.; FRANCESCH, M.; GUASCH, J. Effects of cultivar and environment on (1-3), (1-4)-D- $\beta$ -glucan content and acid extract viscosity of Spanish barleys. *J. Cer. Sci.*, v. 23, p.285-292, 1996.

PRYSTUPA, P.; FERRARIS, G. Nutrición mineral y fertilización. In: MIRALLES, D.J.; BENECH-ARNOLD, R.L.; ABELEDO, G. *Cebada cervecera*. Buenos Aires: Gráfica, p.205-240, 2011.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B.P. *Genética na Agropecuária*. Lavras: UFLA, p.255-289, 2004.

RASMUSSEN, D.C.; GLASS, R.L. Estimates of Genetic and Environmental Variability in Barley. *Crop Science*, v. 7, n. 3, p.185-188, 1966.

REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CEVADA. *Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2009 e*

2010, organizado por Euclides Minella. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; TEIXEIRA, M.C.C.; ROMAN, E.S. *Redutores de crescimento*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p.18, 2003. html. (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online; 14). Disponível: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p\\_ci14.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14.htm)> Acesso em: 01 dez. 2010.

RODRÍGUEZ, M.V.; MARGINEDA, M.; GONZÁLEZ-MARTÍN, J.F.; INSAUSTI, P.; BENECH-ARNOLD, R.L. Predicting Preharvest Sprouting Susceptibility in Barley: A Model Based on Temperature during Grain Filling. *Agronomy Journal*, v. 93, set-out, 2001.

SATO, K.; INUKAI, T.; HAYES, P.M. QTL analysis of resistance to the rice blast pathogen in barley (*Hordeum vulgare*) *Theor Appl Genet*, v.102, p.916–920, 2001.

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.

SAVIO, H.N.; AGUINAGA, A. Mejoramiento genético de cevada cervecera. In: MIRALLES, D.J.; BENECH-ARNOLD, R.L.; ABELEDO, G. *Cebada cervecera*. Buenos Aires: Gráfica, p.244-272, 2011.

SENAI. *Fundamentos gerais: produto e processo*. Vassouras: Senai Rio de Janeiro, 2004. (Cursos de Cervejaria).

STUART, M.; LOI, L.; FINCHER, G.B. Development of (1→3, 1→4)-β-D-glucan endohydrolase isozymes in isolated scutella and aleurone layers of barley (*Hordeum vulgare*). *Plant Physiol.*, v. 80, p.310-314, 1986.

TAKASSAKI, J.F. incidência de *Bipolaris sorokiniana* nas sementes e a transmissão para plantas de cevada. *Scientia Agraria*, v. 4, n. 1-2, p.84, 2003.

TOFFOLI, F.; GIANINETTIL, A.; CAVALLERO, A.; FINOCCHIARO, F.; STANCA A.M. *Effects of Pulses of Higher Temperature on the Development of Enzyme Activity During Malting*. J. Inst. Brew. 109(4), p.337–341, 2003.

VASCONCELLOS, N.J.S.; CARVALHO, F.I.F.; COIMBRA, J.; SILVA, S.A.; MARCHIORO, V.S.; AZEVEDO, R.; LORECETTI, C. Efeito do ambiente e correlação entre componentes do grão em genótipos de aveia cultivados no sul do Brasil. *Rev. Bras. de AGROCIÊNCIA*, v.2 n02, p.85-88, Mai-Ago, 1998.

WAMSER, A.F.; MUNDSTOCK, C.M. Adubação nitrogenada em estádios fenológicos em cevada, cultivar MN 698. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.4, p.942-948, jul-ago, 2007.

WOODWARD, J.R.; FINCHER, G.B. Purification and chemical properties of two 1,3; 1,4- $\beta$ -glucan endohydrolases from germinating barley. *Eur J Biochem*, v.121, p.663-669, 1982.

YAN, W.; HUNT, L. A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Crop Breeding, Genetics e Cytology: Cultivar Evaluation and Mega-Environment Investigation Based on the GGE Biplot. *Crop Science*, v.40, p.597–605, May-Jun, 2000.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, v. 14, p.415-421, 1974.

ZHANG, G.; CHEN, J.; WANG, J. Analysis of  $\beta$ -glucan content in barley cultivars from different locations of China. *Food Chemistry*, v. 79, p.251-254, 2002.

ZHANG, G.; CHEN, J.; WANG, J.; DING, J. Cultivar and environmental effects (1-3, 1-4)- $\beta$ -D-glucan and protein content in malting barley. *J. Cer. Sci.*, v. 34, p.295-301, 2001.

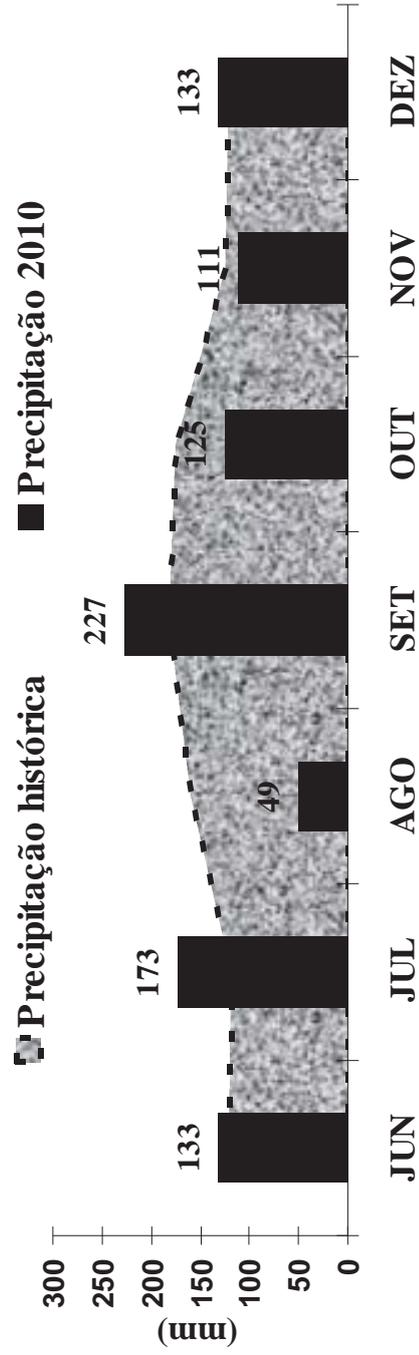
## **7 APÊNDICES**

**Apêndice 1** – Análise de solo dos locais onde foram conduzidos os ensaios, Passo Fundo/RS, 2010

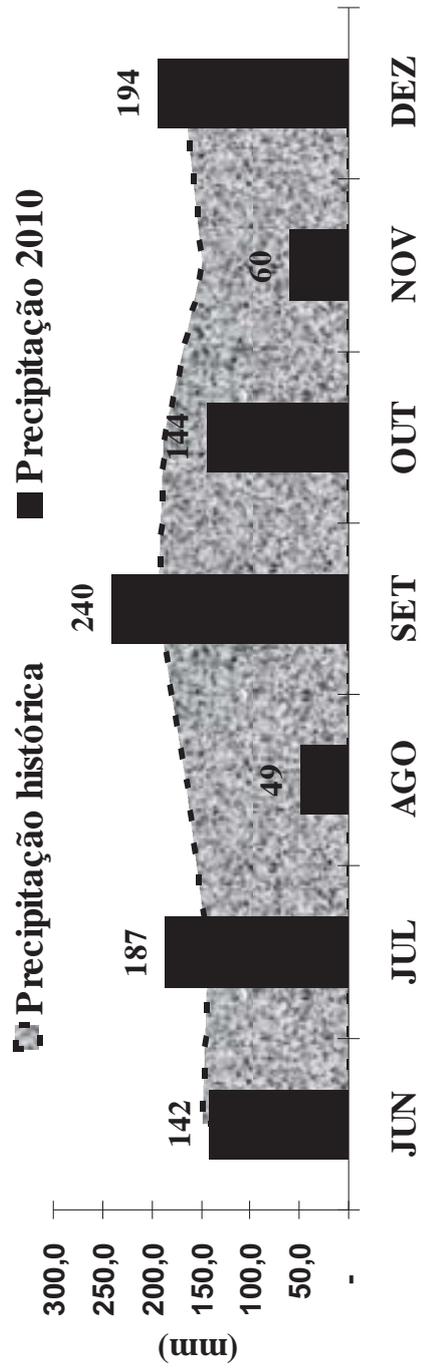
Amostra	Arg <sup>1</sup>	pH H <sub>2</sub> O	Ind. SMP	P mg.L	K mg.L	M.O. (%)	Al	Ca	Mg	H+Al	CTC	Bases	Al		K	
													(%)	(%)		
														Cmolc.L		(%)
Passo Fundo	30,2	5,7	6,0	16,6	129	2,1	0,0	4,3	2,6	4,4	11,6	63	0	0	2,8	
J. de Castilhos	44,5	5,5	5,9	7,3	32	1,9	0,0	3,2	1,7	4,9	9,9	51	0	0	0,8	
Victor Graeff	49,9	5,8	6,1	19,7	323	2,5	0,0	6,4	2,6	3,9	13,7	72	0	0	6,0	
L. Vermelha	60,1	5,9	6,2	11,3	148	3,6	0,0	5,8	3,1	3,5	12,8	73	0	0	3,0	

<sup>1</sup>Arg: argila; pH: potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; M.O.: matéria orgânica; Al: alumínio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+Al: hidrogênio + alumínio; CTC: capacidade de troca catiônica.

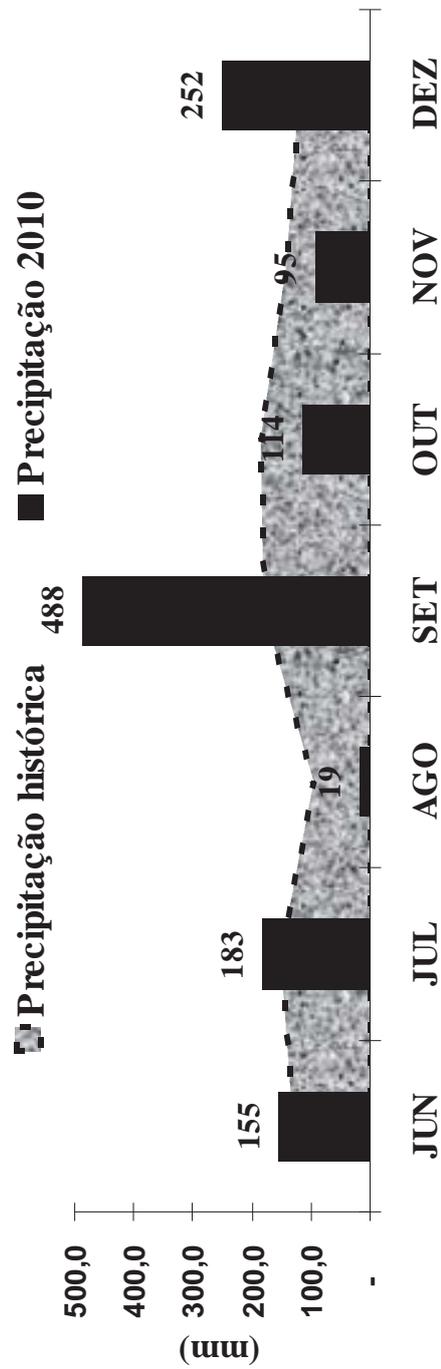
Apêndice 2 – Dados de precipitação obtidos na estação meteorológica do INMET, Lagoa Vermelha/RS, 2010



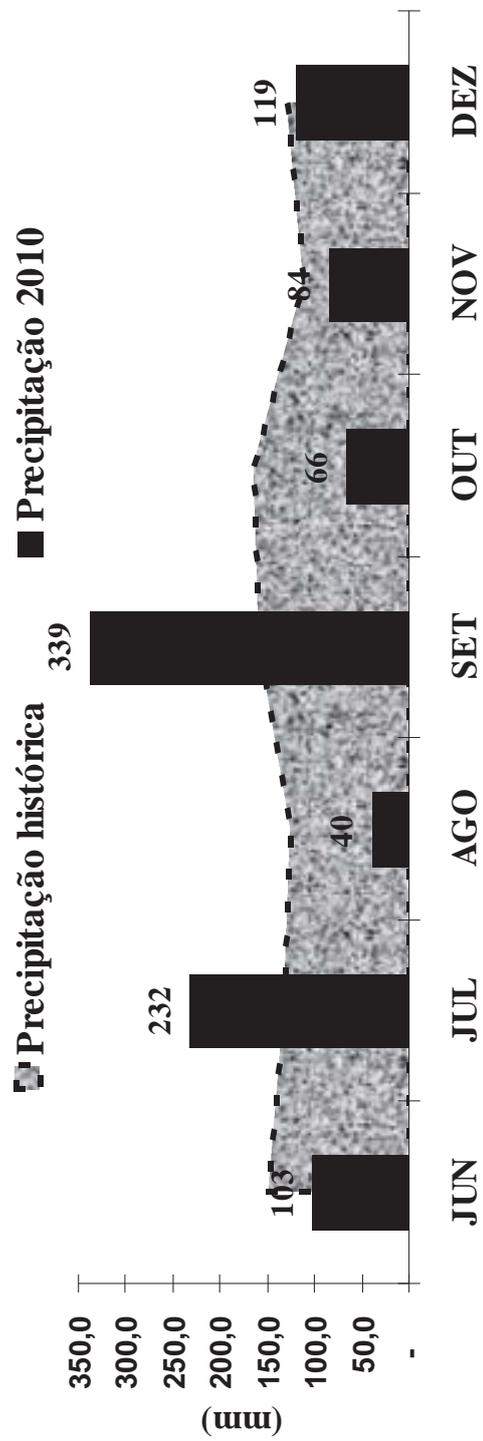
Apêndice 3 – Dados de precipitação obtidos na estação meteorológica do INMET, Passo Fundo/RS, 2010



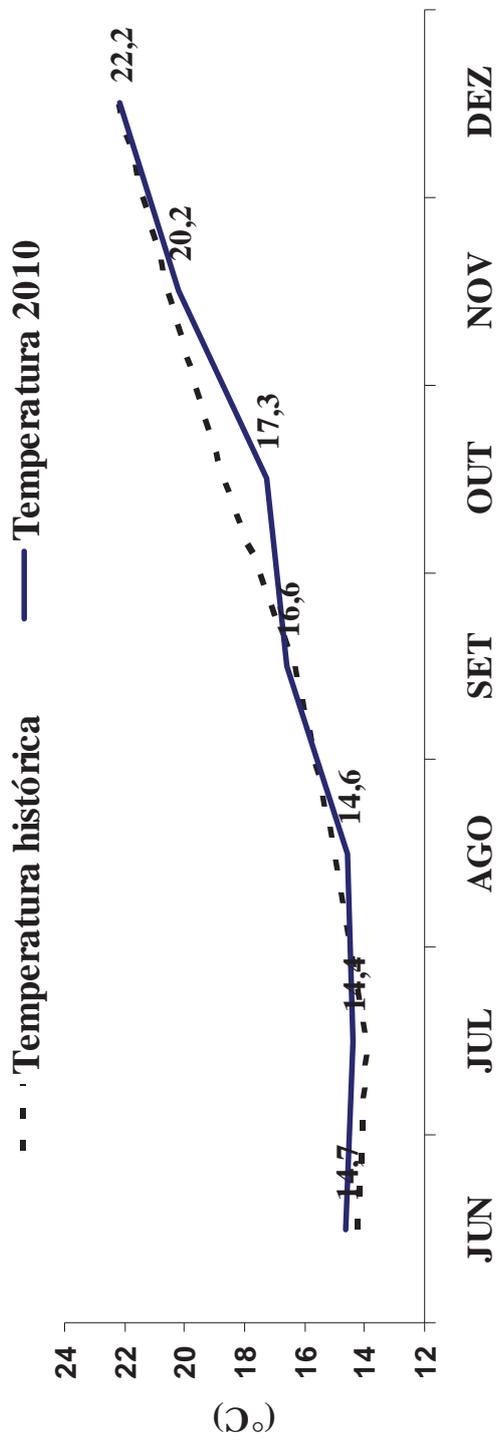
**Apêndice 4** – Dados de precipitação obtidos na estação meteorológica da Fepagro, Júlio de Castilhos/RS, 2010



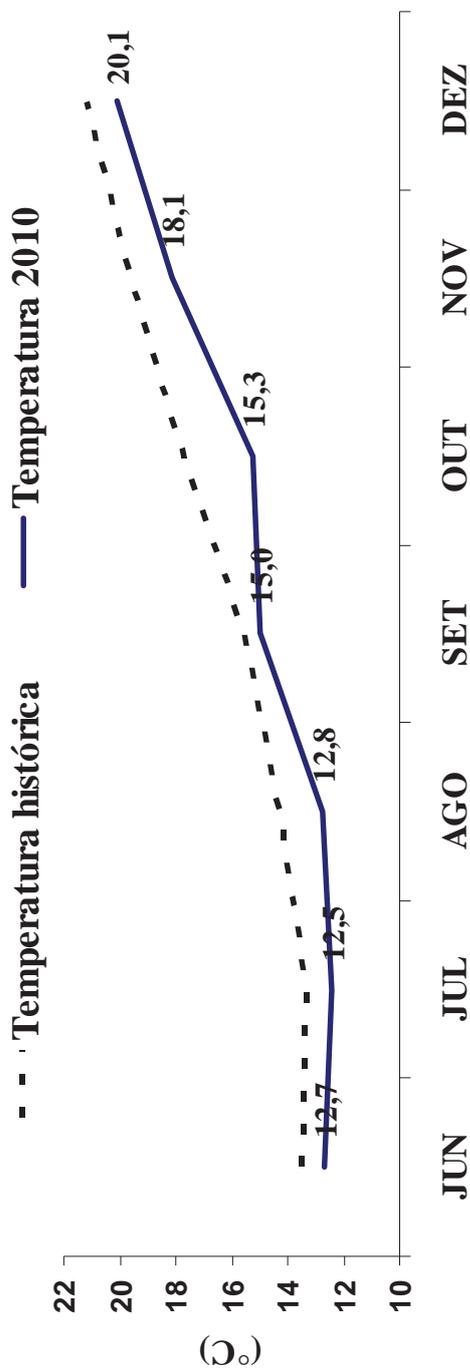
**Apêndice 5** – Dados de precipitação obtidos na estação meteorológica da Defesa Civil-RS, Victor Graeff/RS, 2010



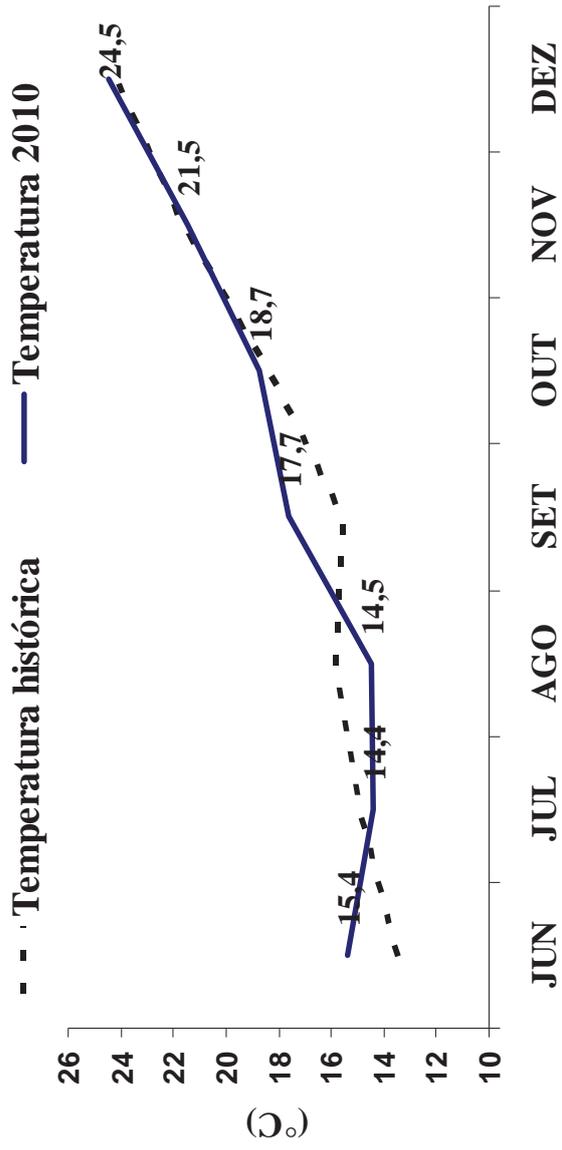
Apêndice 6 – Dados de temperatura média obtidos na estação meteorológica do INMET, Passo Fundo/RS, 2010



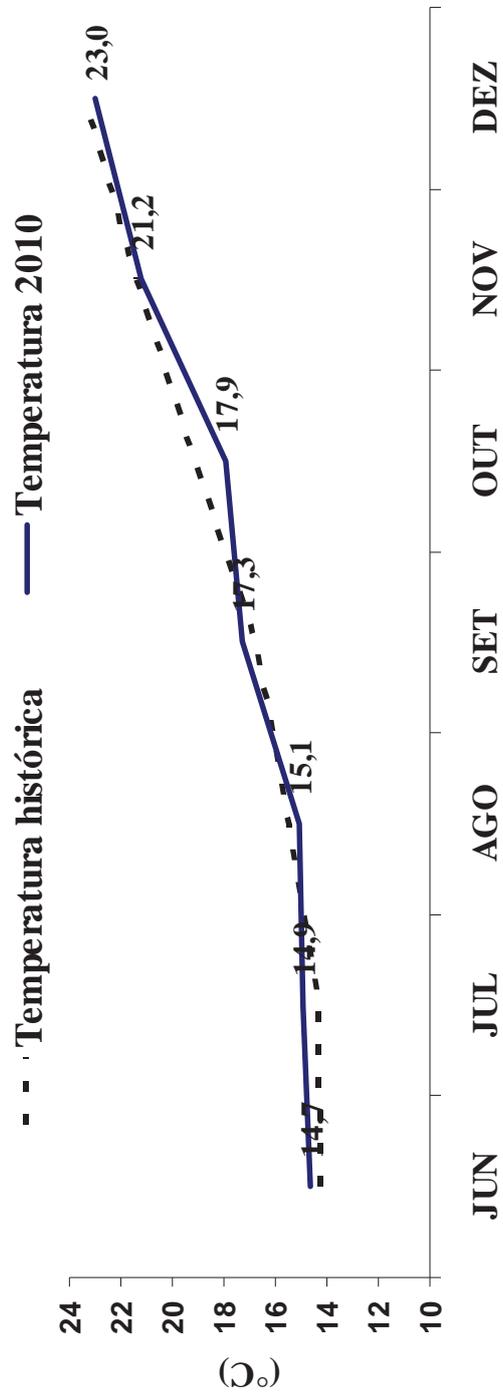
Apêndice 7 – Dados de temperatura média obtidos na estação meteorológica da INMET, Lagoa Vermelha/RS, 2010



Apêndice 8 – Dados de temperatura média obtidos na estação meteorológica da Fepagro, Júlio de Castilhos/RS, 2010



Apêndice 9 – Dados de temperatura média obtidos na estação meteorológica da INMET, Victor Graeff/RS, 2010



**Apêndice 10** – Quadro da análise de variância do rendimento de grãos

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F
Local	3	33.059.335,46	11.019.778,49	44,18	2,74
Genótipo	5	1.807.160,25	361.432,05	1,45	2,35
Int. Loc x Gen	15	11.743.518,42	782.901,23	3,14	1,81
Trat.	23	46.610.014,13	2.026.522,35	8,12	1,69
Bloc.	3	824.326,04	274.775,35	1,10	2,74
Resíduo	69	17.211.125,46	249.436,60		
Total	95	64.645.465,63			
C.V. (%)	12,52				

**Apêndice 11** – Quadro da análise de variância da altura de plantas

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	3	848,75	282,92	365,43	2,74
Genótipo	5	3.595,46	719,09	928,82	2,35
Int. Loc X Gen	15	427,13	28,48	36,78	1,81
Trat.	23	4.871,33	211,80	273,57	1,69
Bloc.	3	2,58	0,86	1,11	2,74
Resíduo	69	53,42	0,77		
Total	95	4.927,33			
C.V. (%)	1,29				

**Apêndice 12** – Quadro da análise de variância de incidência de oídio

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	3	3,78	1,26	12,48	2,74
Genótipo	5	92,59	18,52	183,35	2,35
Int. Loc X Gen	15	6,78	0,45	4,48	1,81
Trat.	23	103,16	4,49	44,41	1,69
Bloc.	3	0,28	0,09	0,93	2,74
Resíduo	69	6,97	0,10		
Total	95	110,41			
C.V. (%)	12,52				

**Apêndice 13** – Quadro da análise de variância de incidência de mancha foliar

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	3	7,08	2,36	41,57	2,74
Genótipo	5	25,21	5,04	88,76	2,35
Int. Loc X Gen	15	11,54	0,77	13,55	1,81
Trat.	23	43,83	1,91	33,55	1,69
Bloc.	3	0,08	0,03	0,49	2,74
Resíduo	69	3,92	0,06		
Total	95	47,83			
C.V. (%)	52,00				

**Apêndice 14** – Quadro da análise de variância de dias da emergência a floração

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	3	210,45	70,15	230,83	2,74
Genótipo	5	2.114,05	422,81	1.391,28	2,35
Int. Loc X Gen	15	106,74	7,12	23,42	1,81
Trat.	23	2.431,24	105,71	347,83	1,69
Bloc.	3	0,28	0,09	0,31	2,74
Resíduo	69	20,97	0,30		
Total	95	2.452,49			
C.V. (%)	0,68				

**Apêndice 15** – Quadro da análise de variância de número de espigas m<sup>-2</sup>

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	3	182.446,61	60.815,54	1.131,26	2,74
Genótipo	5	99.726,30	19.945,26	371,01	2,35
Int. Loc X Gen	15	79.527,32	5.301,82	98,62	1,81
Trat.	23	361.700,24	15.726,10	292,53	1,69
Bloc.	3	83,36	27,79	0,52	2,74
Resíduo	69	3.709,39	53,76		
Total	95	365.492,99			
C.V. (%)	1,93				

**Apêndice 16** – Quadro da análise de variância de número de grãos espiga<sup>-1</sup>

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	3	94,86	31,62	16,56	2,74
Genótipo	5	325,18	65,04	34,07	2,35
Int. Loc X Gen	15	46,20	3,08	1,61	1,81
Trat.	23	466,24	20,27	10,62	1,69
Bloc.	3	13,03	4,34	2,28	2,74
Resíduo	69	131,72	1,91		
Total	95	610,99			
C.V. (%)	5,75				

**Apêndice 17** – Quadro da análise de variância de peso de mil grãos

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	3	21,58	7,19	9,86	2,74
Genótipo	5	1,64	0,33	0,45	2,35
Int. Loc X Gen	15	72,55	4,84	6,63	1,81
Trat.	23	95,78	4,16	5,71	1,69
Bloc.	3	2,28	0,76	1,04	2,74
Resíduo	69	50,32	0,73		
Total	95	148,38			
C.V. (%)	1,93				

**Apêndice 18** – Quadro da análise de variância dos teores de proteínas nos grãos

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	3	42,60	14,20	72,97	2,74
Genótipo	5	18,68	3,74	19,20	2,35
Int. Loc X Gen	15	2,13	0,14	0,73	1,81
Trat.	23	63,41	2,76	14,17	1,69
Bloc.	3	0,29	0,10	0,49	2,74
Resíduo	69	13,43	0,19		
Total	95	77,13			
C.V. (%)	4,44				

**Apêndice 19** – Quadro da análise de variância de poder germinativo

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	3	5.908,83	1.969,61	92,30	2,74
Genótipo	5	184,83	36,97	1,73	2,35
Int. Loc X Gen	15	712,17	47,48	2,22	1,81
Trat.	23	6.805,83	295,91	13,87	1,69
Bloc.	3	65,58	21,86	1,02	2,74
Resíduo	69	1.472,42	21,34		
Total	95	8.343,83			
C.V. (%)	5,25				

**Apêndice 20** – Quadro da análise de variância do teor de  $\beta$ -glucanos

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	1	276.473,34	276.473,34	58,52	4,14
Genótipo	5	342.823,67	68.564,73	14,51	2,50
Int. Loc X Gen	5	45.377,80	9.075,56	1,92	2,50
Trat.	11	664.674,81	60.424,98	12,79	2,09
Bloc.	3	11.583,52	3.861,17	0,82	2,89
Resíduo	33	155.919,23	4.724,83		
Total	47	832.177,55			
C.V. (%)	21,93				

**Apêndice 21** – Quadro da análise de variância do teor de extrato

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	1	1,54	1,54	7,17	4,14
Genótipo	5	29,99	6,00	27,90	2,50
Int. Loc X Gen	5	3,00	0,60	2,79	2,50
Trat.	11	34,53	3,14	14,60	2,09
Bloc.	3	0,67	0,22	1,04	2,89
Resíduo	33	7,09	0,22		
Total	47	42,30			
C.V. (%)	0,56				

**Apêndice 22** – Quadro da análise de variância dos teores de FAN

Causas	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)
Local	1	4.224,38	4.224,38	54,42	4,14
Genótipo	5	14.457,98	2.891,60	37,25	2,50
Int. Loc X Gen	5	550,79	110,16	1,42	2,50
Trat.	11	19.233,15	1.748,47	22,52	2,09
Bloc.	3	598,48	199,49	2,57	2,89
Resíduo	33	2.561,66	77,63		
Total	47	22.393,28			
C.V. (%)	5,17				

**Apêndice 23** – Altura de planta das cultivares de cevada estudadas, nas localidades de Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010

Cultivar	JC	LV	PF	VG	Média
	cm				
BRS Elis	B 63 c <sup>1</sup>	A 68 b	B 63c	A 69 c	66
BRS Cauê	BC 62 cd	A 65 c	C 61 d	B 63 d	63
MN 743	C 74 a	C 74 a	B 81 a	A 84 a	78
MN 610	D 71 b	B 76 a	C 73 b	A 84 a	76
BRS 195	C 61 d	B 65 cd	C 62 cd	A 72 b	65
SCARLETT	B 62 c	B 62 d	B 63 c	A 68 c	64
Média	65	68	67	73	68

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); ns: não significativo.

**Apêndice 24** – Avaliação visual de incidência de oídio nas cultivares de cevada estudadas, nas localidades de Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010

Cultivar	JC	LV	PF	VG	Média
	Incidência				
BRS Elis	NS 0 c <sup>1</sup>	0 c	0 c	1 c	0 <sup>2</sup>
BRS Cauê	NS 2 a	2 a	3 a	2 b	2
MN 743	B 0 c	A 1 b	A 2 b	A 1 c	1
MN 610	NS 1 b	1 b	1 b	1 c	1
BRS 195	B 2 a	AB 3 a	A 3 a	A 3 a	3
SCARLETT	NS 0 c	0 c	0 c	0 d	0
Média	1	1	1	1	1

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); ns: não significativo.

<sup>2</sup> Avaliação visual, onde 0 = sem incidência; 4 = 100% incidência.

**Apêndice 25** – Avaliação visual de incidência de mancha foliar nas cultivares de cevada estudadas, nas localidades de Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010

Cultivar	JC	LV	PF	VG	Média
	Incidência				
BRS Elis	NS 2 a <sup>1</sup>	2 a	2 a	1 a	2 <sup>2</sup>
BRS Cauê	NS 0 c	0 b	0 c	0 b	0
MN 743	A 1 b	B 0 b	A 1 b	A 1 a	1
MN 610	B 0 c	B 0 b	A 1 b	A 1 a	1
BRS 195	NS 0 c	0 b	1 b	1 a	1
SCARLETT	NS 2 a	2 a	2 a	1 a	2
Média	1	1	1	1	1

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); ns: não significativo.

<sup>2</sup> Avaliação visual, onde 0 = sem incidência; 4 = 100% incidência.

**Apêndice 26** – Número de dias da emergência a floração das cultivares de cevada estudadas, nas localidades de Júlio de Castilhos, Lagoa Vermelha, Passo Fundo e Victor Graeff, 2010

Cultivar	JC	LV	PF	VG	Média
	Dias emergência a floração				
BRS Elis	B 85 b <sup>1</sup>	AB 85 b	A 86 a	C 81 b	84
BRS Cauê	B 82 c	A 84 c	B 82 b	C 80 c	82
MN 743	A 78 d	B 76 d	C 74 c	D 72 d	75
MN 610	A 75 e	A 76 d	B 72 d	B 73 e	74
BRS 195	A 86 a	A 85 b	A 87 a	B 82 a	85
SCARLETT	A 86 a	A 87 a	A 87 a	B 81 b	85
Média	82	82	81	78	81

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05); ns: não significativo.