

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, GERMINATIVOS E
MICROESTRUTURAIS DE QUALIDADE EM CULTIVARES
BRASILEIROS DE CEVADA CERVEJEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final para obtenção do Título de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof^a Dra. Alicia de Francisco

DIANA XIMENA CORREA LIZARAZO

FLORIANÓPOLIS-SC

Fevereiro/2003

**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, GERMINATIVOS E MICROESTRUTURAIS
DE QUALIDADE EM CULTIVARES BRASILEIROS DE CEVADA CERVEJEIRA**

DIANA XIMENA CORREA LIZARAZO

Dissertação apresentada ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos
do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos

Área de concentração
Ciência dos Alimentos

Orientadora:
Prof^a Dra. Alicia de Francisco

FLORIANÓPOLIS-SC
Fevereiro/2003

**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, GERMINATIVOS E MICROESTRUTURAIS
DE QUALIDADE EM CULTIVARES BRASILEIROS DE CEVADA CERVEJEIRA**

Por

DIANA XIMENA CORREA LIZARAZO

Dissertação aprovada como requisito final para a obtenção do título de Mestre no
Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pela Comissão formada por:

Presidente:

Profa. Dra. Alicia de Francisco

Membro:

Profa. Dra. Patrícia Rayas Duarte

Membro:

Prof. Dr. Jorge Ninov

Membro:

Profa. Dra. Edna Regina Amante

Coordenadora:

Profa. Dra. Roseane Fett

Florianópolis, 28 de fevereiro de 2003

A Jesús y María por su amor y ternura.
Porque mi vida no tendría sentido sin
su presencia

A mis papás por su amor, entrega,
dedicación y por todo su apoyo a
lo largo de toda mi vida.

A Angie, Ber, Juan Pablo y Santiago
porque me enseñaron a nunca perder
la fé y la esperanza.

A toda mi familia, especialmente
a Oli, por el apoyo sincero e
incondicional

Y a ti Alicia, porque confiaste en mi y me brindaste tu amistad.
Porque este sea el comienzo de un nuevo futuro



AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Alicia de Francisco, pela oportunidade, sugestões e conhecimento compartilhados, apoio constante e amizade que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

A Cristiane e Ana Claudia por me ensinar que o trabalho pode ser mais simples do que parece. Pelo apoio essencial para a conclusão do Curso.

A Rosane por sua amizade sincera e apoio durante o mestrado. Gracias!!

A Josiane pelo apoio prestado em todos os momentos

À equipe do Laboratório de Ciência e Tecnologia de Cereais – CERES (Josiane, Janaina, Ana e Cássio) pela colaboração e interesse dedicados a este trabalho. A Mateus, pela ajuda na análise mais difícil dessa pesquisa.

À Professora Dr. Roseane Fett, pelo apoio e dedicação como Coordenadora do Programa de Pós-Graduação.

À Cooperativa Agrária Entre Rios pelo fornecimento de amostras e realização de análises, em especial a Frank Nohel.

À Ambev pelo fornecimento de amostras

A David Peterson pela ajuda e fornecimento de amostras e material de análise

Aos laboratórios LabMAT e CIDASC pelo empréstimo de equipamentos e apoio para a execução de algumas análises

Ao Prof. Dr. Paulo Ogliari pela orientação na estatística desta pesquisa

À Profa. Dra. Leonor Scliar por me ensinar a língua portuguesa.

À Profa Lilia por sua amizade, sua oração e ajuda.

Aos colegas de mestrado e amigos, Julieta, Héctor, Junia, Sara, Melissa, Eliane, Luciana Garcia, Diana Caro, Sandra pela amizade e apoio; e a todas as pessoas que direta ou indiretamente participaram da realização desta pesquisa.

A CNPq pela contribuição financeira

RESUMO

Fatores como ambiente de cultivo, características morfológicas e composição afetam a qualidade da cevada cervejeira e, portanto, o produto para o qual é destinada. O presente trabalho teve por objetivo avaliar sete cultivares brasileiros de cevada cervejeira, safra 2001, e correlacionar sua composição química e microestrutura com a qualidade do malte. As amostras analisadas foram provenientes de três estados: BR-2, BRS 195 e Embrapa 127 do Paraná (PR); Embrapa 127, MN684 e MN698 do Rio Grande do Sul (RS); e BR-2 e CBB1 de Santa Catarina; também o cultivar Harrington do estado de Wisconsin, EUA, safra 2001, foi avaliado. As análises físico-químicas da cevada, foram realizadas de acordo com os métodos oficiais da AOAC (1998) e *American Association of Cereal Chemist* (AACC, 1995) e após a preparação do malte a qualidade do malte foi verificada através dos métodos da *American Society of Brewing Chemists* (ASBC, 1992) e *European Brewing Convention* (EBC, 1997). A microestrutura foi também estudada através de microscopia eletrônica de varredura. Os resultados das análises mostram que os cultivares brasileiros estudados possuem textura vítrea (61 a 85% do endosperma) e apresentam porcentagem de casca entre 8,5 e 10,6%. As amostras tiveram como constituinte principal a fração carboidratos totais (62,87 a 66,16 g/100g), seguida das fibras alimentares totais, proteínas, lipídios e cinzas. O valor protéico esteve dentro dos parâmetros de qualidade exigidos para a produção de malte (< 12%), exceto os cultivares BR-2 (PR) e Embrapa 128. O teor de β -glucanas variou entre 3,46 a 4,50g/100g sendo 3,0 a 4,5g/100g o valor recomendado. A modificação do endosperma de acordo com o método fluorescente de Calcofluor, foi significativamente ($p < 0,05$) superior para os cultivares Embrapa 127, BR-2 (SC) e CBB1 quando comparados aos cultivares BR-2 (PR) e Embrapa 128. A homogeneidade do malte obtido do cultivar Embrapa 127 foi significativamente ($p < 0,05$) superior a todos as amostras de malte avaliadas, enquanto que o malte Embrapa 128 foi significativamente ($p < 0,05$) inferior aos demais cultivares. Os cultivares de Santa Catarina mostraram a maior redução no teor de β -glucanas, seguida da obtida pelos cultivares do Rio Grande do Sul e Paraná. Quando correlacionada modificação do endosperma com a textura vítrea e a matriz protéica do malte BR-2 em ambos os estados, verificou-se que a textura vítrea está correlacionada positivamente com a proteína ($r = 0,96$; $p < 0,001$) e negativamente com as β -glucanas ($r = -0,76$; $p < 0,05$) e a modificação ($r = -0,99$; $p < 0,0001$). Os resultados deste estudo mostraram que houve efeito significativo da localidade sobre as β -glucanas ($p < 0,05$), a textura ($p < 0,0001$) e a modificação do endosperma ($p < 0,0001$), mas não sobre a homogeneidade do malte. As diferenças observadas entre os parâmetros físico-químicos, germinativos e qualidade do malte da cevada cervejeira BR-2 cultivada nos estados do Paraná e Santa Catarina podem estar relacionadas às interações ambientais. Apesar do esforço integrado das instituições de pesquisa e indústrias, alguns parâmetros de qualidade dos sete cultivares de cevada cervejeira brasileira avaliados nesse estudo, ainda se encontram abaixo dos padrões de qualidade recomendados internacionalmente.

ABSTRACT

Growth environment, morphological characteristics and composition affect the quality of malting barley and therefore of the final product. The purpose of this study was to evaluate seven Brazilian malting barley cultivars from the 2001 crop, and to correlate their chemical composition and microstructure with their malting quality. The samples collected from 3 Brazilian southern States were: BR-2, BRS 195 and Embrapa 127 cultivars from Paraná (PR); Embrapa 128, MN684 and MN698 cultivars from Rio Grande do Sul (RS), and BR-2 and CBB1 cultivars from Santa Catarina (SC). The Harrington cultivar from the State of Wisconsin, US, 2001 crop was also evaluated. Physico-chemical analyses of barley were carried out according to AOAC(1998) and American Association of Cereal Chemists (AACC, 1995) Official methods. After malting, malt quality was analyzed with an Scanning electron microscope. The results show that the Brazilian cultivars analyzed had steely endosperm (61 to 85%) and a husk percentage between 8.5 and 10.6%. Samples were mainly composed of a total carbohydrates fraction (62.87 to 66.16%), followed by Total Dietary Fiber, proteins, lipid and ash. The protein value was found to be within the parameters of quality required for the production of malt (<12%), except for the BR-2 (PR) and Embrapa 128 cultivars. β -glucans content varied between 3.4 and 4.5%, recommended values being 3.0 to 4.5%. Endosperm modification according to the calcofluor fluorescent method was significantly ($p < 0.05$) higher in Embrapa 127, BR-2 (SC) and CBB1 cultivars when compared to BR-2 (PR) and Embrapa 128. The homogeneity of malt obtained from the Embrapa 127 cultivar was significantly ($p < 0.05$) higher than that of all the malt samples analyzed, while the malt obtained from the Embrapa 128 cultivar was significantly ($p < 0.05$) lower than the malt obtained from all the other cultivars. The SC cultivars displayed the greatest reduction of β -glucan content, followed by the RS and PR cultivars. When correlating endosperm modification with steely endosperm and protein matrix of BR-2 malt in both States, steely endosperm was found to correlate positively with protein ($r = 0.96$; $p < 0.0001$) and negatively with β -glucan ($r = -0.76$; $p < 0.05$) and with modification ($r = -0.99$; $p < 0.0001$). The results of this study show that there was a significant effect of the location on β -glucans ($p < 0.05$), on texture ($p < 0.0001$) and on endosperm modification ($p < 0.0001$), but not on homogeneity. Observed differences between physico-chemical, germinative and malt quality parameters of the BR-2 malting barley grown in PR and SC may be attributed to environmental interactions. Despite the integrated efforts of research institutions and brewing industries, some quality parameters of the 7 cultivars evaluated in this study are still below international quality standards.

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Estrutura do grão de cevada	23
FIGURA 2	Fluxograma do processo de maltagem.....	27
FIGURA 3	Cevada germinada.....	30
FIGURA 4	Luz polarizada.....	37
FIGURA 5	Microestrutura de cultivares de cevada cervejeira brasileira e seu respectivo malte.....	58
FIGURA 6	Microestrutura do cultivar BR-2 do Paraná e Santa Catarina	59

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Comparação entre o grau de maceração e a textura do endosperma dos cultivares de cevada cervejeira.....	46
GRÁFICO 2	Comparação das porcentagens de modificação e homogeneidade do endosperma dos cultivares cervejeiros...	48
GRÁFICO 3	Degradação do teor de β -glucanas da cevada cervejeira durante a maltagem (% em b.s.).....	49
GRÁFICO 4	Características físicas e germinativas do cultivar BR-2 do Paraná e Santa Catarina, safra 2001.....	52
GRÁFICO 5	Composição química do cultivar BR-2 do Paraná e Santa Catarina, safra 2001, (g/100g b.s.).....	54

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1.	Genealogia dos cultivares recomendados pela Comissão de Pesquisa em Cevada.....	18
TABELA 2.	Características agronômicas dos cultivares brasileiros de cevada cervejeira.....	19
TABELA 3.	Características físico-químicas da cevada e malte do cultivar Harrington.....	20
TABELA 4.	Composição química média do grão de cevada cervejeira (% b.s).....	27
TABELA 5.	Variação da composição química da cevada e do malte (%b.s).....	29
TABELA 6.	Especificações desejadas do malte (b.s).....	34
TABELA 7.	Relação de cultivares de cevada cervejeira brasileira e Harrington, safra 2001.....	35
TABELA 8.	Características físicas e germinativas de amostras de cevada cervejeira brasileira, safra 2001.....	42
TABELA 9.	Composição química média de 7cultivares brasileiros de cevada cervejeira e um cultivar americano, safra 2001 (g/100g em b.s).....	45
TABELA 10.	Parâmetros de qualidade do malte de 7cultivares brasileiros de cevada cervejeira e um cultivar americano, safra 2001 (b.s)	51
TABELA 11.	Parâmetros de qualidade do malte BR-2 de PR e SC, safra 2001 (b.s)	56

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Cevada (<i>Hordeum vulgare L.</i>).....	16
2.1.1 Cevada cervejeira.....	16
2.1.1.1 Cultivares brasileiros de cevada cervejeira.....	17
2.1.1.2 Cultivar Harrington.....	19
2.2 Estrutura do grão de cevada.....	20
2.3 Composição química.....	24
2.3.1 Amido.....	24
2.3.2 Proteína.....	25
2.3.3 β -glucanas.....	26
2.4 Maltagem.....	27
2.5 Parâmetros de qualidade do malte.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Amostras.....	35
3.2 Caracterização físico-química e germinativa da cevada cervejeira brasileira, safra 2001.....	35
3.2.1 Parâmetros físicos de qualidade da cevada cervejeira.....	36
3.2.1.1 Peso de Mil Sementes (PMS)	36
3.2.1.2 Porcentagem de casca.....	36
3.2.1.3 Textura do endosperma	36
3.2.1.4 Classificação comercial das sementes pelo método gravimétrico.....	37

3.2.2 Poder germinativo - Energia de Germinação (PG).....	37
3.2.3 Composição Química da Cevada Cervejeira.....	37
3.3 Micro-maltagem.....	38
3.3.1 Parâmetros de qualidade do malte.....	38
3.3.2 Determinação da porcentagem de modificação do endosperma do malte por fluorescência.....	38
3.4 Avaliação microestrutural da cevada cervejeira brasileira, safra 2001 e malte.	39
3.5 Análise estatística.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 Características físicas e germinativas da cevada cervejeira.....	40
4.1.1 Classificação comercial e Peso de Mil Sementes.....	40
4.1.2 Textura.....	40
4.1.3 Germinação.....	41
4.2 Composição química da cevada cervejeira.....	42
4.2.1 Carboidratos e proteína.....	42
4.2.2 Cinzas e lipídios.....	43
4.2.3 Fibras Alimentares - β -glucanas.....	43
4.3 Maltagem.....	46
4.3.1 Modificação do endosperma.....	47
4.4 Correlação dos parâmetros físico-químicos, germinativos e qualidade do malte da cevada cervejeira BR-2 do Paraná e Santa Catarina.....	52
4.5. Microestrutura da cevada cervejeira brasileira e malte.....	57
5. CONCLUSÕES.....	60
6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	61

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto produtor de cerveja no mundo, com 6,5 milhões de toneladas por ano (FAO, 2001), e um consumo médio de 50,6 litros per capita segundo dados de 1997 (PRESSNELL, 1998). Porém, a produção nacional de malte não acompanha a demanda, pois a capacidade atual no Brasil para sua fabricação é de aproximadamente 275.000 t/ano (FAO, 2001). A demanda total de malte se situa em aproximadamente 800.000 a 900.000 t/ano (MINELLA, 2002). Este amplo mercado abre a possibilidade para grandes investimentos, com alto retorno.

A legislação brasileira requer a utilização de um mínimo de 40% de cevada nacional, mas isso nem sempre é possível já que a produção de cevada e malte no Brasil não é fomentada. O problema torna-se ainda mais agudo porque, em geral, a qualidade do malte brasileiro não se compara com a do malte estrangeiro (CONTER, 1997). As questões quantidade-qualidade exercem pressão para manter um alto índice de importação. Para o Brasil, a questão qualidade é particularmente preocupante. A baixa qualidade da cevada brasileira requer um processamento mais oneroso, reduz a taxa de lucro das empresas, tendo, portanto, um efeito negativo na coleta de impostos, tão necessário para o bom funcionamento da nação brasileira.

Atualmente no Brasil, a qualidade da cevada cervejeira é avaliada quase que unicamente pela produção de malte correspondente e pela subsequente análise do mosto. Já em países com tradição cervejeira (Alemanha, Dinamarca, Escócia) bem como nos Estados Unidos, a seleção da matéria prima é feita através de análises físico-químicas e microestruturais dos grãos de cevada (PALMER, 1989). Para que o Brasil possa competir neste mercado e produzir cevada e malte de qualidade, são necessários investimentos em pesquisa e desenvolvimento nesta área.

Apesar de poder ser aproveitada de diversas maneiras, no Brasil a cevada é utilizada quase na sua totalidade para produção de malte. As sementes que não preenchem os requisitos da indústria e os grãos finos retirados durante o processo de classificação são utilizados para ração animal ou para cevada

torrada e moída como sucedâneo do café (BALDANZI et al.,1988). Já na Dinamarca, têm-se desenvolvido cultivares com alto teor de lisina para consumo humano (REXEN; MUNCK, 1984).

No Brasil existe uma Comissão de Pesquisa de Cevada, que faz recomendações técnicas para o cultivo de cevada cervejeira nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Essa comissão tem feito ótimo trabalho na avaliação do desempenho agrônômico da cevada, porém não tem dado ênfase à qualidade da mesma em termos de atributos físico-químicos ou nutricionais (COMISSÃO DE PESQUISA EM CEVADA, 2001).

Em relação às características químicas, dois componentes influenciam a qualidade da cevada cervejeira de maneira acentuada: proteínas e fibras do endosperma. Estes dois componentes afetam negativamente a qualidade da cevada cervejeira, retardando o processo de maltagem. No caso das fibras alimentares, além de causarem um aumento no tempo requerido para maltagem, acarretam ainda problemas tecnológicos, como dificuldade de filtração e turvação do produto final, na cerveja (PALMER, 1989). Para que a maltagem seja eficiente, a cevada deve apresentar baixo teor de β -glucanas, alto teor de amido para aumentar o rendimento, alta atividade enzimática e alto poder germinativo para garantir a degradação do endosperma (BRENNAN et al., 1997).

Para evitar as perdas econômicas ocasionadas pelas β -glucanas, a seleção da matéria prima é fundamental (AASTRUP; ERDAL, 1980; MUNCK, 1991), escolhendo cultivares e locais de cultivo que produzam cevada com baixo teor de β -glucanas e/ou alto teor de β -glucanases (AASTRUP, 1983) e com microestrutura do endosperma que otimize a atividade das enzimas (PALMER, 1989).

Como em outros cereais (COSTA BEBER, 1996), existe uma interação significativa entre o ambiente de cultivo e o genótipo nas características morfológicas e composicionais da cevada, influenciando a qualidade do produto final para o qual é destinada.

A cevada é uma cultura de inverno que sofre alterações tanto de rendimento quanto da composição química de acordo com as alterações

meteorológicas: temperaturas altas aceleram o desenvolvimento das plantas com um efeito negativo nos grãos (BALDANZI et al., 1988); na fase da maturação, o clima seco e quente aumenta o teor de proteína e conseqüentemente a dureza do endosperma, o que é indesejável tanto para a produção de malte quanto para a qualidade e processamento da cerveja (PALMER, 1989). Além da proteína, outros componentes presentes na cevada, tais como teor de β -glucanas e características morfológicas dos grânulos de amido são influenciados pelo ambiente de cultivo e podem ter efeitos indesejáveis para indústria. O estudo preliminar da microestrutura das matérias primas pode ser feito de forma eficiente e rentável para todos os interesses vigentes no país, através de diversas técnicas de microscopia. Isto tornaria mais eficiente o trabalho das maltarias, inclusive daquelas que se dedicam à pesquisa e desenvolvimento.

A presente pesquisa teve por objetivos:

- 1) Avaliar 7 cultivares brasileiros de cevada cervejeira recomendados pela Comissão de Pesquisa em Cevada para a safra 2001 na região sul do Brasil, e correlacionar sua composição química e microestrutura com a qualidade do malte.
- 2) Determinar a composição química, física e germinativa dos cultivares de cevada cervejeira recomendados para o cultivo na região sul do Brasil;
- 3) Analisar as características morfológicas e microestruturais de 7 cultivares de cevada cervejeira através de Microscopia Eletrônica de Varredura e fluorescência e correlacioná-las com a qualidade do malte correspondente;
- 4) Avaliar influências do ambiente na qualidade química, microestrutural e morfológica da cevada para produção de malte.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cevada (*Hordeum vulgare L.*)

Taxonomicamente, a cevada (*Hordeum vulgare L.*) é um cereal, pertencente à família das Gramíneas e ao gênero *Hordeum*. A principal característica morfológica da cevada é sua inflorescência em forma de espiga (KENT, 1987, NILAN; ULLRICH, 1993). Possui uma espiguetas tripla, uma central e duas laterais, que quando férteis formam uma espiga de seis fileiras de grãos. Quando somente a espiguetas central é fértil, forma-se uma espiga de duas fileiras (HOUGH, 1990; POELHMAN, 1985). Cada espiguetas contém uma ou várias carióspsides vestidas (com a casca fortemente aderida ao pericarpo), formadas por lemma e pálea (WRIGLEY; BATEY, 1995) que pesam aproximadamente entre 30,5 e 52,4 mg (base seca) (ANDERSSON et al., 1999).

A cevada provavelmente foi o primeiro cereal domesticado desde os primórdios da civilização. Já era cultivada no Vale do rio Nilo no Egito há 17000 anos e a partir do ano 4000 a.C. foi utilizada pelos egípcios na fabricação de pão e cerveja (BRESCIANI, 1996). Devido a sua alta adaptação às condições climáticas, este cereal aumentou sua área de produção rapidamente. Atualmente, a cevada é o terceiro cereal mais consumido no mundo (133.798,453 toneladas/ano), sendo amplamente utilizado para ração animal, alimentação humana e na produção de malte cervejeiro (FAO, 2001).

2.1.1 Cevada cervejeira

Apesar de vários cereais poderem ser malteados (sorgo, trigo e milho), a cevada, tradicionalmente, é a mais utilizada na produção de malte para cerveja, devido a que produz enzimas de forma equilibrada e sua casca é utilizada no processo de filtração do mosto (POELHMAN, 1985; HOSENEY, 1994).

As características composicionais desejáveis da cevada cervejeira, de duas ou de seis fileiras, são: alto conteúdo de amido (61%), baixo teor de proteínas (<11,5%) e β -glucanas (3,3-4,5%). Destes compostos depende, em

grande parte, a eficiência da maltagem e do processamento da cerveja (BOHATCH, 1994; HOUGH, 1990).

2.1.1.1 Cultivares brasileiros de cevada cervejeira

Precedido pela Argentina, o Brasil destaca-se como o segundo maior produtor de cevada cervejeira da América Latina, com uma produção anual de 275 mil toneladas (2001) (MINELLA, 2002). O estado de Rio Grande do Sul é o maior produtor do país, com uma produção de 97 mil toneladas de produto no 2001 (68,1%), seguido pelo estado de Paraná (30,6%), a região do Cerrado (Goiás e Minas Gerais) e Santa Catarina (MINELLA, 2002). Por ser uma cultura de inverno, a região sul do país é a mais favorável para o plantio de cevada cervejeira.

Para o ano 2001, a Comissão de Pesquisa em Cevada recomendou para plantio na Região Sul do país oito cultivares de cevada cervejeira: BR-2, Embrapa 127, Embrapa 128, BRS 195, AF94135, CBB1, MN 684 e MN 698. Dos cultivares acima citados, o BR-2 ocupa quase dois terços da área cultivada no sul do Brasil. Com relação aos demais cultivares do mercado, o BR-2 apresenta um rendimento (Kg/ha) superior, maior resistência às condições climáticas e às pragas e é o mais consumido (EMBRAPA, 2001).

Logo após do desenvolvimento do cultivar BR-2 no ano de 1979, o Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo) e as empresas produtoras de cerveja e malte continuaram fazendo avanços na produção de novos cultivares que se adaptam melhor às condições climáticas do país. A genealogia dos cultivares recomendados pela Comissão de Pesquisa em Cevada encontra-se ilustrada na Tabela 1.

TABELA 1. Genealogia dos cultivares recomendados pela Comissão de Pesquisa em Cevada.

Cultivar	Cruzamento	Instituição
BR-2	FM424/TR206	Embrapa Trigo
BRS-195	DEFRA/BR-2	
Embrapa 127	BR-2 /ALEXIS	
Embrapa 128	LM 844/ PFC 84148/BR-2	
MN684	Antarctica 5/MN 577	Companhia Brasileira de Bebidas – Filial Maltaria Navegantes (AmBev)
MN698	MN 599/MN 635	
CBB1	AF 347/PFC 8590*	

Fonte: MINELLA, 2002.

Segundo a Embrapa (2001), “todas as cultivares recomendadas para plantio apresentam alto potencial produtivo e tamanho (classificação) de grãos dentro do padrão malte cervejeiro”. Assim mesmo, a Embrapa Trigo, junto com as companhias Brahma e Antarctica estão desenvolvendo e promovendo cultivares de cevada cervejeira com baixos teores de proteína, alto rendimento e com maior resistência às condições climáticas e ambientais visando melhorar a qualidade do malte produzido no país. Na Tabela 2, apresentam-se as características agrônômicas de alguns cultivares de cevada comercializados atualmente:

TABELA 2. Características agronômicas dos cultivares brasileiros de cevada cervejeira

Cultivar	Adaptação	Rendimento	Característica
BR-2,	Ampla e competitiva em todas as regiões	Estabilidade	Resistente ou moderadamente resistente ao acamamento
BRS 195	Específica	Alto potencial de rendimento	Melhor perfil de resistência às doenças foliares. Resistente ou moderadamente resistente ao acamamento
Embrapa 127	Ampla e competitiva em todas as regiões	Supera ao cultivar BR-2 (3-6%)	Grãos de primeira qualidade de 88% no RS, 90% no PR e 93% em SC.
Embrapa 128	Específica		Resistente ou moderadamente resistente ao acamamento. Boa qualidade cervejeira (similar a BR 2) Classificação comercial média de cevada tipo 1 (> 2,5 mm): 92%; Peso médio de mil sementes: 42 g. Teor médio de proteínas do grão: 11,3
MN 684,	Específica		
MN 698	Específica		Estabilidade do tamanho dos grãos
CBB1	Ampla e competitiva em todas as regiões		Resistente ou moderadamente resistente ao acamamento

Fonte: SÓ e SILVA et al. 1999.

Aparentemente, a qualidade da cevada brasileira para malte cumpre com os requisitos estabelecidos pela indústria cervejeira, embora não se tenham estudos concretos que comprovem esta hipótese.

2.1.1.2 Cultivar Harrington

O cultivar Harrington de duas fileiras foi produzido na Universidade de Saskatchewan, Saskatoon em Canadá no ano de 1987. A área plantada, em 2001, nos Estados Unidos foi de 11331ha. Apresenta boa qualidade para maltagem (score de 43) (PETERSON, 2002), alto rendimento (USDA, 2002) e algumas de suas características encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3. Características físico-químicas da cevada e malte do cultivar Harrington em base seca.

Parâmetro	Harrington
Peso de Mil Sementes (PMS) (g)	39,7
Classificação comercial (Sobre peneira 2,4mm) (%)	94,2
Cor da cevada (Agron)	80
Extrato do malte (%)	81,7
Cor do mosto	1,5
Proteína da cevada (%)	11,6
Proteína do mosto (%)	5,17
Nitrogênio Solúvel/ Nitrogênio total (%)	46,9
Poder Diastásico (°ASBC)	108
α -amilase (20°DU)	71,5
β -glucanas (ppm)	105
Qualidade "Score"	43

Fonte: PETERSON, 2002

2.2 Estrutura do Grão de Cevada

O grão de cevada (Figura 1) está formado por quatro estruturas: o pericarpo, a camada de aleurona, o endosperma e o embrião (gérmen) (PALMER et al, 1989; HOSENEY, 1994; DUFFS; COCHRANE, 1993). Cada uma das estruturas desempenha um papel fundamental no metabolismo da semente durante a germinação.

As estruturas mais externas do grão, a casca e o pericarpo, protegem a cariósida da contaminação por fungos e insetos e ainda regulam a absorção de água durante a germinação (McENTYRE et al., 1998). Como a casca é utilizada como coadjuvante de filtração no processo de fabricação da cerveja (HOSENEY, 1994), a cevada nua não é recomendada para fins cervejeiros (KENT, 1987). Diferentemente da cevada, a aveia e o arroz, que são cereais vestidos

(HOSENEY, 1994; KENT, 1987), a cevada nua é uma variedade melhorada geneticamente que perde facilmente a casca durante a trilha (BHATTY, 1996). Outro motivo para não utilizá-la é devido ao fato de possuir um alto teor de fibras alimentares solúveis (5,2-5,7%) e proteínas (15,1-16,5%) que seriam prejudiciais para o processamento da cerveja (KENT, 1987; BHATTY, 1991).

A camada de aleurona e o embrião são tecidos vivos (PALMER, 1991) que controlam os processos fisiológicos relacionados com a produção e liberação de enzimas, assim como o grau de hidrólise das paredes celulares do endosperma durante a germinação (PALMER, 1999; BRENNAN et al., 1996; DUFFUS; COCHRANE, 1993).

O embrião, formado pelo cotilédone, epicótilo e pela radícula, é relativamente rico em proteínas (25%), açúcares (18%), lipídios, cinzas e vitaminas E e B (HOSENEY, 1994). Sua função mais importante é produzir ácido giberélico, um hormônio vegetal que promove a germinação da cevada (PALMER, 1998).

Diferentemente da aveia e do trigo, a cevada possui uma camada múltipla de células de aleurona que contêm alto teor de proteínas, ácido fítico, fósforo e niacina (GALLANT et al., 1991; KENT, 1994). Induzida pelo ácido giberélico, a camada de aleurona produz α -amilase, β -glucanase e endo-protease que são as enzimas responsáveis pela degradação do endosperma durante a maltagem (PALMER, 1998).

O endosperma, formado basicamente por amido embebido em uma matriz protéica, é a principal reserva de nutrientes do grão (MacGREGOR; FINCHER, 1993; PALMER 1991). As paredes celulares são o terceiro maior componente do endosperma e estão constituídas principalmente por 22,2% de arabinoxilanas (pentosanas), 72,3% de (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -glucanas e 5,5% de proteínas (ETOKAKPAN; PALMER, 1994). Outros polissacarídeos como hemicelulose e celulose também estão presentes em menores proporções (BAMFORTH; BARCLAY, 1993; MACGREGOR ; FINCHER, 1993).

Devido à sua riqueza em polissacarídeos, o endosperma da cevada tem grande importância na indústria cervejeira porque proporciona os substratos necessários para a conversão de açúcares em álcool no processo de fermentação da cerveja (MACGREGOR ; FINCHER, 1993; BRENNAN et al., 1997) .

As condições ambientais e genéticas influem sobre a estrutura do grão, sobretudo com relação à dureza que aumenta com o clima seco (MUNCK, 1991; PALMER, 1989). Esta característica pode ser explicada pela interação proteína-amido (BRENNAN et al., 1996) e pela presença de espaços aéreos (cavidades de ar) no endosperma. Na cevada, o endosperma torna-se opaco (farináceo) ou translúcido (vítreo) dependendo do grau de compactação dos grânulos de amido na matriz de proteína. O endosperma farináceo torna-se opaco quando apresenta cavidades de ar que difratam e difundem a luz, enquanto o alto grau de compactação entre os grânulos de amido e a proteína torna os grãos translúcidos (PALMER, 1991; HOSENEY, 1994).

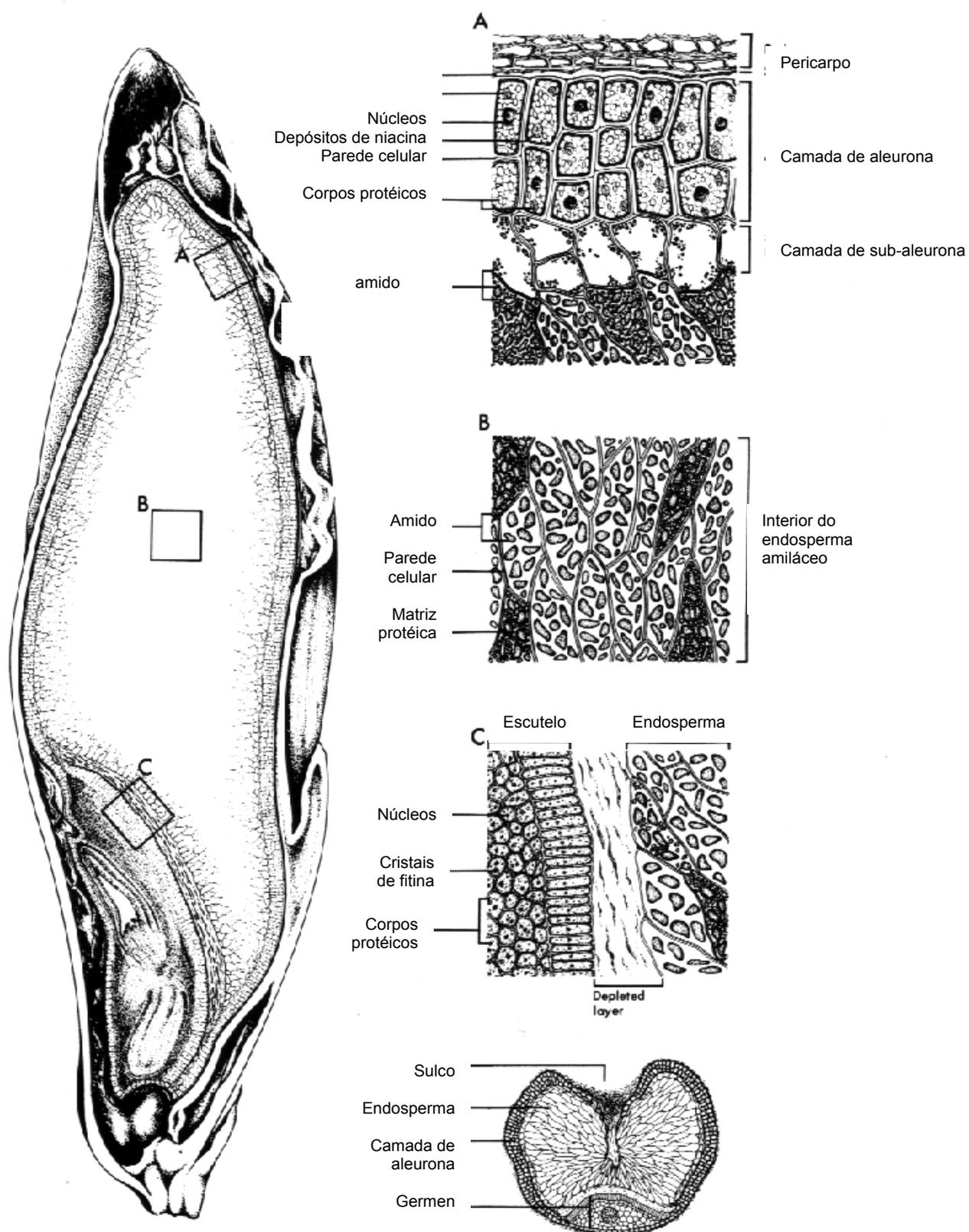


FIGURA 1. Estrutura do grão de cevada (FULCHER, 1989)

2.3 Composição química

Os carboidratos são a maior fonte de energia do grão de cevada. Representam cerca de 80% do peso seco do grão e estão localizados principalmente no endosperma (MACGREGOR; FINCHER, 1993). O maior componente da cevada é o amido, seguido pelas fibras alimentares e por proteínas. Outros constituintes como açúcares (frutose, sacarose e glucose) também fazem parte da composição do grão (MACGREGOR ; FINCHER, 1993).

A composição química da cevada cervejeira varia entre cultivares e depende de diversos fatores externos (PALMER, 1989; AMAN; NEWMAN, 1986; OSCARSSON et al., 1995). O clima seco aumenta os teores de proteínas, β -glucanas e dureza do grão (MUNCK, 1991). Aman e Newman (1986) demonstraram que existe uma correlação negativa entre o teor de amido e outros componentes do grão, sendo que, quanto maior o teor de amido, menor o teor de proteína, açúcares, lipídios e polissacarídeos não amiláceos (Tabela 5).

TABELA 4 - Composição química média do grão de cevada cervejeira (% base seca) segundo Aman; Newman (1986), Palmer (1989), Oscarsson et al. (1995)

Componente	Aman; Newman, 1986	Palmer, 1989	Oscarsson et al., 1995
Amido	53,0 – 61,0	65,0	49,4 - 63,1
Proteína	12,0 - 17,0	10,0	9,3 - 15,5
Lipídios	2,1 - 3,7	3,5	2,1 - 3,1
Fibra Alimentar	18,0 – 23,0	-	18,1 - 27,5
β -glucanas	-	3,0-4,5	3,8 - 7,9
Cinzas	2,3 - 4,0	-	1,9 – 2,4

2.3.1 Amido

O amido é o polissacarídeo que se encontra em maior proporção no grão de cevada. Está armazenado no endosperma em forma de duas populações de grânulos embebidos numa matriz de proteína. Os grânulos grandes, Tipo (15-25 μ m), constituem 90% do peso do amido no grão, enquanto os pequenos ou

Tipo (2-5 μm) constituem o 10% restante (BRENNAN et al., 1996; PALMER, 1989; TANG et al., 2000). O tamanho, distribuição e proporção dos grânulos grandes e pequenos dentro do endosperma parecem estar relacionados com a origem genética (TANG et al., 2000).

O amido é constituído basicamente por dois tipos de polímeros α -D-glucose: a amilose de cadeia linear e ligações α -(1 \rightarrow 4) e a amilopectina de cadeia ramificada com ligações α -(1 \rightarrow 4) e α -(1 \rightarrow 6). Estes polímeros são degradados principalmente por duas enzimas amilolíticas, α -amilase e β -amilase. A α -amilase cliva as ligações α -(1 \rightarrow 4) dos dois polímeros, enquanto que a β -amilase degrada os finais redutores do amido, liberando maltose (GEORG-KRAEMER et al., 2001; HOSENEY, 1994). Estas enzimas chamadas também de enzimas do sistema diastásico têm grande importância na fermentação da cerveja, pois hidrolisam o amido em açúcares fermentáveis (GEORG-KRAEMER et al., 2001).

2.3.2 Proteína

A maior concentração (10-12%) de proteínas da cevada encontra-se no endosperma na forma de uma matriz protéica (MACGREGOR; FINCHER, 1993) cuja quantidade e consistência variam dependendo das condições ambientais e de cultivo. Especialmente, com relação ao uso de fertilizantes nitrogenados, o manejo incorreto deste composto aumenta o teor de proteínas do grão a níveis maiores que 12% (Embrapa, 2001), sendo este valor indesejável para a indústria cervejeira porque prolonga o processo de maltagem e produz cerveja com baixa estabilidade (HOUGH, 1990; BERTHOLDSSON, 1999; HOWARD et al., 1996; EAGLES et al., 1995).

Segundo Osborne (1924), citado por Newman e McGuire (1985), as proteínas da cevada podem ser classificadas de acordo com a solubilidade em: albuminas (hidrosolúveis) e globulinas (solúveis em soluções salinas diluídas) que são proteínas fisiologicamente ativas (enzimas) e estão localizadas na camada de aleurona e no germe. As proteínas de reserva são constituídas pelas glutelinas (solúveis em ácidos e bases diluídas) e as prolaminas ou hordeínas (solúveis em álcool 70%). Este último grupo encontra-se formando a matriz protéica do endosperma da cevada (SHEWRY, 1993; HOWARD et al., 1996).

Com exceção da aveia, as prolaminas procedentes da cevada, do trigo e do centeio são responsáveis pela intolerância produzida em indivíduos com doença celíaca (LIBARDONI, 2001).

As hordeínas compreendem uma mistura de peptídeos que podem ser divididos em quatro frações: B, C, γ e D (SHEWRY, 1993). A fração D (elevado peso molecular), por formar géis, exerce maior influência sobre a qualidade do malte apesar de corresponder a menos de 5% do total da fração protéica do grão (HOWARD et al. 1995; ECHART-ALMEIDA; CAVALLI-MOLINA, 2000).

Como todos os cereais, a cevada apresenta baixos níveis do aminoácido lisina, e também de treonina e metionina (HOSENEY, 1994). As proteínas de reserva caracterizam-se por conter altos níveis de glutamina e prolina (SHEWRY, 1993).

2.3.3 β -glucanas

As β -glucanas ((1,3)(1,4)- β -glucanas) são polímeros de glicose de estrutura linear, unidos por ligações glicosídicas β -(1,4) e β -(1,3). Estão localizadas principalmente nas paredes celulares da aveia e da cevada, sobretudo na camada de aleurona e sub-aleurona, em uma concentração de 4-5,5% e 3,8-7,9% respectivamente (de FRANCISCO; de SÁ, 2001; OSCARSSON et al., 1995). Caracterizam-se por ser solúveis em água e bases diluídas e pela tendência em formar géis. Estas propriedades físicas de viscosidade e solubilidade variam de acordo com sua estrutura e seu peso molecular (de FRANCISCO; de SÁ, 2001).

A enzima responsável pela hidrólise das β -glucanas é a endo- β -(1,3)(1,4)-glucanase, que se desenvolve durante a germinação da cevada (AASTRUP; ERDAL, 1980). De acordo com Knuckles e Chiu (1999), a atividade da β -glucanase varia levemente entre cultivares. Esta enzima cliva as ligações β -(1,4) das β -glucanas, ao mesmo tempo em que libera oligossacarídeos. A degradação destes componentes facilita a migração e ação das enzimas proteolíticas e amilolíticas no endosperma durante a maltagem (de FRANCISCO; de SÁ, 2001).

Segundo Elfverson (1999), o tamanho do grão e a espessura das paredes celulares parecem estar relacionados com o conteúdo de β -glucanas. Quanto mais espessas maior o teor de β -glucanas e, portanto, maior o tamanho da

semente. As variações encontradas entre cultivares são o resultado das diferenças genéticas e ambientais. Esta propriedade pode ser aproveitada por malteadores na escolha de cevadas destinadas para maltagem (ELFVERSSON et al., 1999; ANDERSSON et al., 1999).

Segundo Aastrup e Erdal (1980), as β -glucanas são os principais componentes responsáveis pela demora no processo de filtração e pela turvação da cerveja. Além destes compostos, as arabinoxilanas, devido ao seu alto grau de ligação com as β -glucanas, também ocasionam problemas de turvação (HAN, 2000). As arabinoxilanas estão localizadas na casca e nas paredes celulares da camada de aleurona da cevada em uma concentração de 4-11% (OSCARSSON et al., 1996).

2.4 Maltagem

A maltagem é a germinação controlada de sementes (HOSENEY, 1994). Do ponto de vista químico, a finalidade deste processo é a produção de um malte rico em enzimas, açúcares fermentáveis e aminoácidos (AGU; PALMER, 1997; BRENNAN et al., 1997). O sucesso deste processo está associado à qualidade da matéria-prima, composição química, características do endosperma (CHANDRA et al., 1999), potencial de atividade enzimática e, sobretudo, à capacidade de modificação do endosperma (PALMER, 1999) (Figura 2).

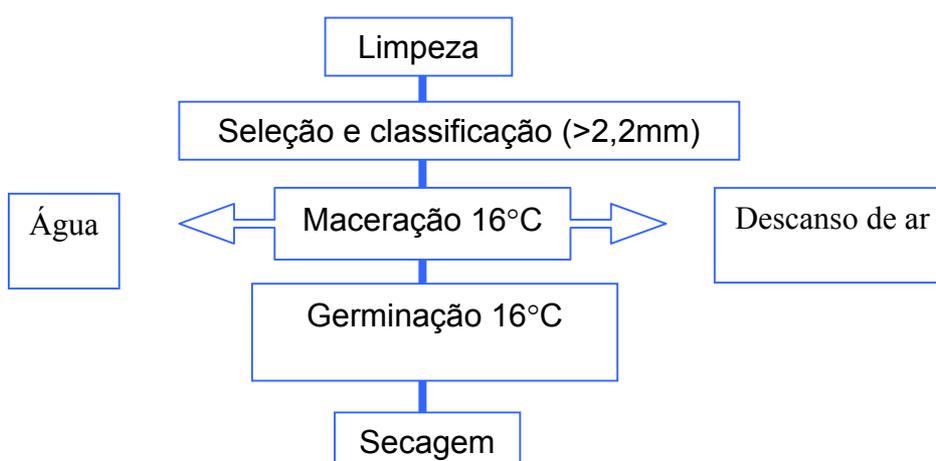


FIGURA 2. Fluxograma do processo de maltagem (HOUGH, 1990)

Após o processo de limpeza, os grãos de cevada são classificados e separados de acordo com o tamanho (Figura 2). Os grãos devem ser homogêneos e de tamanho menor que 2,8 mm para que possam garantir uma modificação uniforme do endosperma. Além disso, grãos superiores a este valor apresentam maior teor de β -glucanas e menor teor de amido (ELFVERSON et al., 1999).

A maceração é o acondicionamento da semente para ativação dos tecidos vivos do grão (Figura 2). Seu principal objetivo é induzir à germinação, ativando as enzimas e acelerando o metabolismo da semente através da hidratação de 11-12% até 43-46% (AXCELL et al., 1983; BAMFORTH; BARCLAY, 1993). No processo, os grãos são submersos em água por aproximadamente 48 horas. A temperatura, geralmente em torno de 15°C, e o tempo de maceração dependem das características da semente e da capacidade de hidratação do grão (McENTYRE et al., 1998; DAVIES, 1991; KITAMURA et al., 1990).

Durante as primeiras horas da maceração, o embrião é ativado e a água absorvida começa a ser distribuída através da camada de aleurona até atingir o endosperma (KITAMURA et al., 1990; McENTYRE et al., 1998). Como a respiração e a demanda de oxigênio aumentam com a atividade metabólica dos tecidos vivos (embrião e camada de aleurona), a respiração anaeróbica deve ser evitada para diminuir o risco de contaminação microbiana. Para isso, circula-se ar durante esta operação (HOUGH, 1990).

A dureza do endosperma permite prever o comportamento ou a capacidade de hidratação do grão durante a maceração (PALMER, 1999), sendo que os grãos farináceos absorvem água mais rapidamente que os vítreos (BRENNAN et al., 1996).

Uma vez atingido o nível de umidade de 45%, a maceração é concluída e a cevada macerada é colocada em tanques de germinação por 5 dias a uma temperatura em torno de 17°C (AGU; PALMER, 1997). Durante a germinação ocorre a modificação do endosperma que consiste em mudanças físico-químicas e estruturais como hidrólises das proteínas e do amido, degradação das paredes celulares do endosperma e síntese e transporte de enzimas. Desta transformação depende em grande parte a qualidade do malte (GIBBONS et al., 1988).

A camada de aleurona parece ser responsável por esta modificação porque produz grandes quantidades de enzimas como β -glucanases, proteases e α -amilases que são liberadas no endosperma durante a germinação (PALMER, 1999). A penetração e migração destas enzimas hidrolíticas no interior do grão dependem da espessura das paredes celulares do endosperma. Quanto mais espessas maior o tempo necessário para que ocorra a degradação, portanto, a cevada cervejeira deve apresentar baixos teores de β -glucanas (AASTRUP; ERDAL, 1980; BRENNAN et al., 1996; GALLANT et al., 1991).

Segundo MUNCK (1991), aproximadamente 86% das β -glucanas são degradadas a oligossacarídeos durante a maltagem, enquanto outros componentes como peptídeos e açúcares são produzidos em altas quantidades (Tabela 5).

TABELA 5. Variação da composição química da cevada e do malte (% b.s)

Componentes	Cevada cervejeira	Malte
Amido	64	60,0
β -glucanas	3,5	0,5
Lipídios	2,5	2,5
Nitrogênio total	9,5	9,5
Aminoácidos e peptídeos	0,5	1,5
Açúcares	2,7	7,5

Durante a germinação, as proteínas de reserva são hidrolisadas pelas proteases (endo-proteases e carboxipeptidases) a aminoácidos, polipeptídios e peptídeos (AGU; PALMER, 1997). Com a degradação da matriz protéica, o amido é liberado e reduzido a glucose pelas enzimas amilolíticas (SISSONS; MACGREGOR, 1994).

Finalmente, a degradação do endosperma permite ao embrião obter os nutrientes necessários para seu desenvolvimento e o crescimento do acrosporo (AGU; PALMER, 1997; BOHATCH, 1994). De acordo com Hosney (1994), quando o acrosporo alcança 1/3 do comprimento total do grão, a germinação é detida com o processo de secagem (Figura 3).

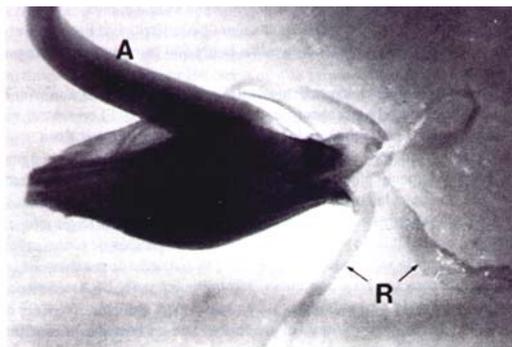


FIGURA 3. Cevada germinada (A = acrosporo e R = radícula)

Para não prejudicar a atividade enzimática, o malte “verde” (45% umidade) é desidratado (4-5% de umidade) utilizando-se temperaturas de 40-60°C (BURGER; LaBERGE, 1985). Com a secagem desenvolve-se o sabor característico do malte e evita-se a contaminação microbiana (BAMFORTH; BARCLAY, 1993; HOUGH, 1990).

O produto obtido pela maltagem denomina-se malte e caracteriza-se por seu alto poder diastásico (capacidade para hidrolisar o amido) e pelo conteúdo de substâncias extraíveis (açúcares, aminoácidos e peptídeos) (GEORG-KRAEMER et al., 2001; BAMFORTH; BARCLAY, 1993).

2.5 Parâmetros de qualidade do malte

A qualidade do malte está associada principalmente à composição do grão, à germinação e à produção de enzimas que degradam o amido, a proteína e os constituintes celulares do endosperma (MUNCK, 1991).

Industrialmente, as características físicas dos grãos são as primeiras a serem avaliadas. Os malteadores procuram grãos grandes com pouca casca visando diminuir as perdas devido ao baixo teor de amido presente (PALMER, 1989; ELFVERSON, et al., 1999).

O Peso de Mil Sementes (PMS) dá uma idéia da qualidade das sementes, assim como de seu estado de maturidade e sanidade (BRASIL, 1992). Este parâmetro físico e a classificação permitem avaliar de forma subjetiva a composição química do grão. É de se esperar que cultivares com alto PMS e

classificação de “primeira” dêem maior rendimento e contenham altos teores de amido.

Existe uma correlação negativa entre o teor de fibras alimentares e a qualidade da cevada para produção de cerveja. Durante a maltagem, as β -glucanas são degradadas pelas β -glucanases, de aproximadamente 3,8-7,9% (OSCARSSON et al., 1995) para 0,2-1,0% (PALMER, 1989). Se as β -glucanas não forem hidrolisadas totalmente, podem impedir a passagem das outras enzimas da porção frontal à porção distal dos grãos produzindo uma modificação irregular do endosperma (PALMER, 1989; PALMER, 1999, BRENNAN et al., 1997). Isto reduz o rendimento do mosto e pode resultar em possível turvação da cerveja, assim como num processamento menos eficiente com a obstrução dos filtros (AASTRUP; ERDAL, 1980; BAMFORTH; BARCLAY, 1989; MACGREGOR; FINCHER, 1993).

Em relação às características químicas, dois componentes influenciam na qualidade da cevada cervejeira de maneira acentuada: proteínas e fibras. A distribuição das proteínas no endosperma dos grãos em geral é importante para diferentes processos, por exemplo, para moagem, panificação, maltagem e fermentação para produção de cerveja. Muito pouco se conhece sobre a localização e distribuição das diferentes frações protéicas dentro dos grãos. Para maltagem, a qualidade da cevada está negativamente correlacionada com a quantidade total de hordeínas, e também é afetada pela composição das mesmas. A distribuição das hordeínas afeta a percentagem de modificação (ou mudanças na textura) do endosperma dos grãos da cevada e a uniformidade desta modificação no lote (PALMER, 1999; AASTRUP; ERDAL, 1980; AASTRUP et al., 1981). Por produzir enzimas equilibradamente, a cevada é o cereal de preferência para produção de malte (PALMER, 1989; BAMFORTH, 1983; HOSENEY, 1994) e a qualidade desta está positivamente correlacionada com a quantidade e atividade das enzimas hidrolíticas: amilases, β -glucanases e proteinases. A eficiência da modificação depende de vários fatores, que não estão totalmente elucidados. Dentre estes, temos: distribuição da umidade através do endosperma; taxa de síntese de enzimas hidrolíticas; liberação destas enzimas dentro do endosperma; estrutura do endosperma que determina resistência à modificação (BAMFORTH; BARCLAY, 1993). Brookes et al. (1976) observaram

que cultivares de cevada com alta porcentagem de grãos menores absorvem água rapidamente e atingem a umidade desejada em menos tempo (43-46%). Conseqüentemente, o malte obtido apresenta modificação deficiente devido ao crescimento irregular e desenvolvimento excessivo das raicillas e ao aumento da respiração da semente durante a germinação. Brookes et al. (1976) também relataram que as temperaturas altas durante a maltagem produzem um aumento na absorção de água (sobremaceração).

Os métodos recomendados para avaliar a qualidade do malte, geralmente, não detectam eficientemente a falta de homogeneidade da degradação da proteína e das β -glucanas, sendo estes compostos os principais responsáveis pelos problemas associados à preparação da cerveja (PALMER, 2000). Portanto, a fim de garantir uma excelente qualidade do malte cervejeiro, fatores como variedade, viabilidade (número de sementes vivas), composição (amido, nitrogênio, β -glucanas), umidade, tamanho do grão e poder germinativo devem ser levados em consideração (PROUDLOVE et al., 1990).

No Brasil, a cevada cervejeira é avaliada com relação a 14 características do malte (poder diastásico, teor de proteínas, extrato, viscosidade, umidade, entre outros) e 10 características da planta como: poder germinativo, tamanho do grão, textura do endosperma, entre outras (ECHART-ALMEIDA; CAVALLI-MOLINA, 2001). Embora estes parâmetros assumam grande importância na qualidade do malte, muitas vezes não garantem que a cevada seja ótima para o processo de fabricação da cerveja (PALMER, 2000). Portanto, é possível combinar os parâmetros acima citados com o estudo da microestrutura do grão utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura (de FRANCISCO, 1989) e de Fluorescência (de FRANCISCO; MUNCK, 1989; FULCHER et al., 1989), a fim de avaliar o grau de modificação do endosperma durante a maltagem (PALMER, 1999).

Baseada em alguns estudos, serão apresentadas especificações importantes na avaliação da qualidade do malte e suas implicações:

- a) **Umidade do malte:** influencia negativamente o extrato. De acordo com Aastrup e Erdal (1980) a umidade não deve ser maior que 4,5%;
- b) **Extrato (mosto) de moagem fina ou grossa:** determina o potencial do malte para produzir mosto solúvel ou substâncias extractíveis, sendo um

indicador do potencial de fermentação dos carboidratos (BAMFORTH; BARCLAY, 1993); sua composição (carboidratos 91% e proteínas 6%, principalmente) é fundamental para o sucesso da fermentação e cumpre um papel importante no desenvolvimento do aroma e estabilidade do produto final (HOUGH, 1990); o valor recomendado é de aproximadamente 80%.

- c) **Diferença do extrato:** é medida para o controle das β -glucanas e o grau de modificação do endosperma (BAMFORTH; BARCLAY, 1993).
- d) **Nitrogênio total:** amostras com baixos teores de nitrogênio absorvem água e malteiam mais rapidamente (BROOKES; LOVETT, 1976). Angelino et al. (1997) relataram que o teor de nitrogênio varia em função da classificação do grão e das condições ambientais.
- e) **Nitrogênio solúvel:** indica a quantidade de proteínas de reserva que podem ser solubilizadas durante o processo de fermentação do mosto e que servem como substrato para o crescimento da levedura. Contribui para a formação e qualidade da espuma (AGU; PALMER, 1999);
- f) **Poder diastásico:** este parâmetro refere-se ao complexo de enzimas degradadoras do amido (α -amilase e β -amilase). Como o malte deve proporcionar enzimas suficientes para atuar sobre os polímeros dos adjuntos, este método avalia o potencial do malte para tal fim (BAMFORTH; BARCLAY, 1993).
- g) **Viscosidade:** alta viscosidade indica uma degradação incompleta das β -glucanas. Entre 1,50 e 1,70 cP a 20 °C são valores aceitáveis (USDA, 2002; AASTRUP; ERDAL, 1980);
- h) **Friabilidade:** avalia a modificação do endosperma em função da capacidade do grão para se fragmentar. A limitação principal deste método é a de que pequenas quantidades de malte sem modificar são contabilizadas como modificadas na farinha. O método não é preciso, e por isso sugere-se o uso de outros métodos alternativos. Às vezes, um alto valor de friabilidade (>85%) não indica um ótimo desempenho do malte durante a fabricação da cerveja (DARLINGTON; PALMER, 1996);
- i) **Homogeneidade:** PALMER et al. (2000), observaram que a fisiologia da germinação é determinante na homogeneidade do endosperma da cevada.

Por conseguinte, a estrutura e a composição química do grão exercem uma função importante no grau de hidrólise do endosperma causado pelas enzimas durante a maltagem; a porcentagem de homogeneidade deve ser superior a 85%.

- j) Modificação do endosperma:** o método detecta a progressiva degradação das paredes celulares do endosperma através de fluorescência (de FRANCISCO, 1989). A modificação é quantificada assim: malte aceitável com mais de 80% de modificação, e inaceitável o que apresenta menos de 70% (AASTRUP, 1988; AASTRUP et al., 1981) e;
- k) β -glucanas:** as β -glucanas são responsáveis pela ineficiência do processo de maltagem, diminuição do rendimento, aumento da viscosidade do mosto e turvação da cerveja (MANZANARES; SENDRA, 1996).

Em geral, a cevada cervejeira deve cumprir os parâmetros de qualidade conforme os dados apresentados na Tabela 6.

TABELA 6. Especificações desejadas do malte (base seca).

	BAMFORTH; BARCLAY, 1993	PALMER, 1999	BRENNAN et al., 1997
Extrato de moagem fina (%)	80,4	-	-
Diferença do extrato (%)	1,5	-	-
Nitrogênio Total (%)	1,74	1,5	1,92
Nitrogênio Total Solúvel (%)	-	0,60	0,80
Poder Diastásico	230 (WK)	63,0 (°L)	104 (°IOB)
Friabilidade (%)	88	91,0	-
Modificação (Calcoflúor %)	-	-	89
Homogeneidade (%)	-	99,0	100
β -glucanas (mg/L)	-	100	145
Viscosidade cP a 20°C	-	-	1,41

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostras

Foram avaliados sete cultivares de cevada cervejeira, safra 2001, recomendados pela Comissão de Pesquisa de Cevada (2001) para plantio nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná, e um cultivar recomendado pelo Prof. Peterson do estado de Wisconsin, EUA, safra 2001 (Tabela 7). As amostras foram homogeneizadas mecanicamente e o material estranho e as impurezas foram removidos antes das análises (BRASIL, 1992).

TABELA 7. Relação de cultivares de cevada cervejeira brasileira e Harrington, safra 2001.

Fornecedor	Local	Cultivar
Cooperativa Agrária Entre Rios	PR	BR-2, Embrapa 128, BRS-195
AmBev (Maltaria Navegantes)	SC	BR-2, CBB1
	RS	MN-684, MN-698, Embrapa 127
United States Department of Agriculture (USDA) –(Madison, Wisconsin)	EUA	Harrington

3.2 Caracterização físico-química e germinativa da cevada cervejeira brasileira, safra 2001

As análises físico-químicas, teste de germinação e preparação do malte foram realizados no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Cereais (CERES) do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); análise de Microscopia Eletrônica de Varredura e a preparação de amostras para a determinação da modificação do endosperma nos Laboratórios do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC; a análise de textura e classificação da semente no Centro de Informação e Desenvolvimento

de Santa Catarina (Cidasc). A qualidade do malte foi avaliada pela Cooperativa Agrária Entre Rios localizada em Guarapuava, PR.

3.2.1 Parâmetros físicos de qualidade da cevada cervejeira

Os cultivares de cevada cervejeira foram avaliados fisicamente de acordo com os métodos da *American Society of Brewing Chemists* (ASBC) (1992) e da *European Brewing Convention* (EBC) (1997).

3.2.1.1 **Peso de Mil Sementes (PMS) (ASBC, Barley-2, D):** A partir de uma amostra de 15 g, foram enumerados os grãos inteiros e separadas as impurezas. Em seguida, ambos foram pesados e o resultado final expresso em base seca.

3.2.1.2 **Porcentagem de casca:** Dez gramas de cada cultivar foram descascados manualmente. As frações do grão e casca foram pesadas e a porcentagem de casca foi determinada.

3.2.1.3 **Textura do endosperma (ASBC, método Barley - 2, E e Amato, 1988):** Foram utilizadas duas Placas tipo Polaroid HN 32 de 15 x 15cm e uma caixa de luz com lâmpada de 60 watts. Setenta gramas de cada cultivar foram perladas por um minuto em descascador de arroz (Susuki). As amostras foram colocadas na placa polarizadora e o endosperma foi exposto à luz incidente da lâmpada. Em seguida, foi colocada uma segunda placa sobre os grãos, que foi defasada da primeira placa em 180°, para anular a intensidade da luz transmitida (Figura 4). A textura do endosperma foi classificada de acordo com as seguintes características:

- i) vítreo: porcentagem de grãos com mais de $\frac{3}{4}$ do endosperma vítreo.
- ii) vítreo-farináceo: porcentagem de grãos com não menos de $\frac{1}{4}$ e não mais de $\frac{3}{4}$ do endosperma vítreo.
- iii) farináceo: porcentagem de grãos com menos de $\frac{1}{4}$ do endosperma vítreo

Quando os grãos apresentaram textura do endosperma 50% vitreo-farináceo, foram classificados como farináceos.

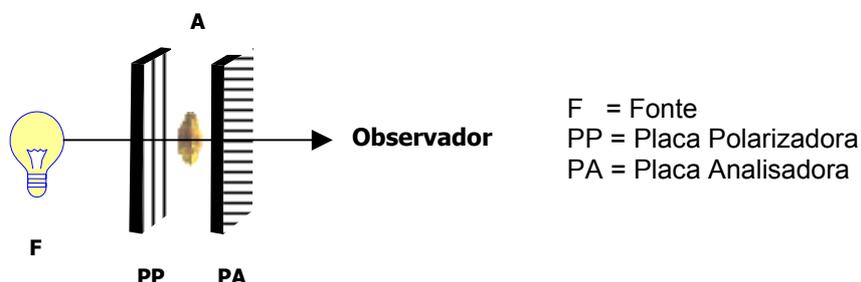


FIGURA 4. Luz polarizada (AMATO, 1988)

3.2.1.4 Classificação comercial das sementes pelo método gravimétrico (BRASIL, 1992): Cem gramas de cada cultivar foram peneirados mecanicamente por um minuto em peneiras de 2,8; 2,52 e 2,3 mm. As frações retidas foram pesadas e classificadas como: i) classe I: frações retidas nas peneiras de 2,8 e 2,52 mm; ii) classe II: fração vazada na peneira 2,52 mm e retida na peneira de 2,3 mm; e iii) classe III: fração vazada na peneira de 2,3mm.

3.2.2 Poder germinativo - Energia de Germinação (PG) (EBC - 3.6.2, 1998)

A porcentagem de grãos germinados foi determinada após um período de 72 horas a uma temperatura de $19,5 \pm 1,5$ °C.

3.2.3 Composição Química da Cevada Cervejeira

Setenta gramas de amostra de cada cultivar foram moídos em moinho de laboratório (*Cyclone Sample Mill*/modelo 3010-019 – *Udy Corporation*) utilizando peneira de 0,5mm de acordo com o método oficial da *American Association of Cereal Chemists* (AACC) (1995). De acordo com os métodos oficiais da AACC e da *Association of Analytical Chemists* (AOAC) (1998) foram realizadas as análises de umidade (AACC 44-20); proteína (AACC 46-12); lipídios (AOAC 10.167); hidrólise ácida (AOAC 922.06); cinzas (AOAC 14.006); fibra alimentar total,

solúvel e insolúvel (AACC 32-21; AOAC 99143) e β -glucanas (AACC 32-23). Os resultados das análises foram expressos em g/100g (base seca).

3.3 Micro-maltagem (AGU; PALMER, 1997)

Amostras de 250 g cada cultivar, previamente classificada > 2,3 mm, foram malteadas em garrafas de 1L. A maltagem consistiu de um período de maceração de 40 horas, divididos em 8 horas em água, 16 horas a seco e 16 horas em água a 16 °C; germinação por um período de 96 horas a 16°C até 40-46% de umidade e secagem do grão por 24 horas a 55-60 °C. O desbrote foi realizado a partir da retirada manual das radículas e com ajuda de uma peneira. O Grau de Maceração (GM) foi calculado a partir da diferença entre o peso da amostra após maceração e o peso inicial (base seca) dividido pelo primeiro. A micro-maltagem foi realizada em triplicata.

3.3.1 Parâmetros de qualidade do malte

O malte obtido nas três repetições foi misturado e analisado de acordo com os métodos da EBC (1998) nos teores de: umidade (%), extrato moagem fina %, friabilidade (%), viscosidade (%), poder diastásico (WK), nitrogênio total (%), proteína total (%), nitrogênio solúvel (mg/100g). Os teores de β -glucanas foram avaliados pelo método enzimático de MacCleary e Nurthen (1986).

3.3.2 Determinação da porcentagem de modificação do endosperma do malte por fluorescência (de Francisco, 1989)

Foram escolhidas 50 sementes aleatoriamente e fixadas em massa de modelar. A superfície das sementes foi polida com lixa d'água de 600 mesh até atingir o sulco. Em seguida, foi adicionada uma gota de solução de Calcoflúor 0,1% em cada grão. Após 2 minutos, os grãos foram lavados com etanol 70% (v/v) para eliminar o excesso de Calcoflúor e então adicionada uma gota da solução de *Fast Green* 0,1%, visando aumentar o contraste das paredes celulares. O excesso da solução foi retirado após dois minutos com papel filtro.

Em ato contínuo, o endosperma do malte foi observado em microscópio com luz UV (de FRANCISCO, 1989). A porcentagem de modificação de 100 sementes é a relação entre a área modificada e a área total do endosperma (AASTRUP, 1988). Logo, a homogeneidade é calculada a partir da porcentagem de modificação e a área total, donde $H = (100 - 2\sqrt{(100 \times A) - M^2})$.

3.4 Avaliação microestrutural da cevada da cervejeira brasileira, safra 2001 e malte

As características morfológicas e microestruturais dos cultivares de cevada e do malte foram avaliadas através da técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (de FRANCISCO, 1989).

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados pelo software SAS versão 8.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC). O delineamento experimental aplicado foi o inteiramente casualizado com três repetições para cada cultivar. Para cada repetição, os testes foram realizados em triplicata. Foi aplicada análise estatística descritiva, Teste Tukey, análise de correlação e análise de variância (ANOVA) ao nível de 5 e 1% de probabilidade para comparação de médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características físicas e germinativas da cevada cervejeira

Os resultados das características físicas e germinativas dos sete cultivares de cevada cervejeira brasileira e do cultivar Harrington encontram-se na Tabela 8. O teste Tukey mostrou que existem diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os cultivares brasileiros indicando uma possível interação genética e ambiental. A percentagem de casca dos cultivares analisados oscilou entre 8,5 e 10,6% e do Harrington foi 9,2% (Tabela 8). Estes resultados estão de acordo com os dados mostrados por PALMER (1989) (10%), que relata, que apesar de a casca servir como coadjuvante de filtração, altas percentagens deste material podem ser prejudiciais na fabricação da cerveja.

4.1.1 Classificação comercial e PMS

Os cultivares Embrapa 128, Embrapa 127, MN684, MN698 e CCB1 foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) quando comparados aos cultivares BR-2 (PR), BRS-195 e BR-2 (SC) em relação à classificação comercial. A média do PMS obtida para os sete cultivares foi inferior à média nacional observada pela Embrapa Trigo (40g) (SÓ E SILVA et al., 1999) e 10,5% menor que o cultivar Harrington (Tabela 9). Os cultivares BR-2 de SC e PR apresentaram valores semelhantes ($p > 0,05$) para a classificação comercial e PMS, sugerindo que não existiu influência ambiental sobre estas duas medições.

4.1.2 Textura

Observou-se que os cultivares estudados apresentaram textura de 61 a 85% vítrea, quando os cultivares MN684 e CBB1 ($p > 0,05$) foram os mais farináceos. A textura vítrea dos cultivares brasileiros analisados pode ser o resultado da influência das condições ambientais e genéticas sobre a composição e estrutura

do endosperma. Apesar de a textura vítrea ser uma característica indesejável, o cultivar Harrington, de textura vítrea, apresentou um bom desempenho durante a maltagem. Um endosperma compacto retarda o processo de hidratação do endosperma durante a maltagem tornando ineficiente o processo de modificação (PALMER, 1999). De acordo com outros estudos, o clima seco e quente pode aumentar o teor de proteínas, provocando uma maior interação proteína-amido (CHANDRA et al., 1999).

4.1.3 Germinação

Uma cevada de alta qualidade para maltagem deve apresentar poder de germinação (PG) maior que 95%, (BRASIL, 1996; RIIS, 1991). No presente estudo, foi observado que os cultivares do RS apresentaram valores acima do recomendado (96 a 100%), enquanto, os cultivares do PR ficaram abaixo deste padrão (81 a 94%). Assim mesmo, o cultivar BRS-195 (94%) não diferiu ($p > 0,05$) estatisticamente do valor padrão (95%); o BR-2 (SC) mostrou poder de germinação de 95%, e o CBB1 ficou abaixo do recomendado (93%). O cultivar Harrington apresentou PG máximo (100%). Quando o poder de germinação é abaixo de 95%, a modificação do endosperma é afetada negativamente, já que as sementes viáveis podem não ter a capacidade de germinação imediata (PROUDLOVE, 1990). Segundo Bamforth e Barclay (1993), o poder de germinação pode diminuir devido ao armazenamento ou processo de colheita deficiente, e a temperatura acima de temperatura ótima de germinação durante a secagem.

TABELA 8. Características físicas e germinativas de amostras de cevada cervejeira brasileira, safra 2001.

Local	Cultivar	Casca %	Classe I >2,5mm	PMS (g)	Textura Vítrea %	PG (72h)
PR	BR-2	10,06 ^b	78,1 ^f	33,40 ^e	80 ^b	93 ^d
	BRS-195	9,74 ^c	81,8 ^f	35,87 ^{cd}	83 ^b	94 ^{cd}
	Embrapa 128	10,61 ^a	94,3 ^{ab}	38,47 ^b	74 ^c	81 ^e
RS	Embrapa 127	8,47 ^f	91,1 ^{bc}	34,73 ^d	85 ^b	100 ^a
	MN684	9,66 ^c	86,7 ^d	36,60 ^c	61 ^d	96 ^b
	MN698	8,94 ^e	86,9 ^{cd}	36,13 ^c	72 ^c	96 ^b
SC	BR-2	9,41 ^d	78,1 ^f	32,80 ^e	72 ^c	95 ^{bc}
	CBB1	8,98 ^e	93,4 ^{ab}	40,53 ^a	61 ^d	93 ^d
US	Harrington	9,20 ^d	97,0 ^a	40,28 ^a	91 ^a	100 ^a

Médias com diferente letra na mesma coluna são estatisticamente diferentes

PMS: Peso de 1000-sementes; PG: Poder germinativo

4.2 Composição química da cevada cervejeira

A composição centesimal (n = 3) dos cultivares brasileiros de cevada cervejeira analisadas, safra 2001, encontra-se ilustrada na Tabela 9. As amostras de cevada tiveram como constituinte principal a fração carboidratos totais, seguida das fibras alimentares totais, proteínas, lipídios e cinzas.

4.2.1 Carboidratos e proteína

Os teores de carboidratos totais variaram de 62,87 a 66,16 g/100g, sendo que os valores dos cultivares brasileiros foram similares ao cultivar Harrington (65,47g/100g) (p>0,05). Em relação à proteína total, os cultivares do RS e SC diferiram estatisticamente (p < 0,05) dos cultivares do PR, exceto o cultivar BRS-195 que foi similar a esses. Os cultivares de cevada cervejeira estudados apresentaram valores de proteína dentro dos parâmetros de qualidade (< 12%) exigidos pela legislação brasileira para malte (BRASIL, 2002), exceto os cultivares

BR-2 (PR) e Embrapa 128. Os valores de proteína encontrados para as amostras de cevada brasileira (11,04 a 12,53g/100g) foram superiores e estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) ao encontrado para o cultivar americano (10,85 g/100g). Apesar de instituições de pesquisa e indústrias cervejeiras brasileiras estarem conduzindo estudos para o desenvolvimento de cultivares de cevada com baixo teor protéico, os cultivares brasileiros neste estudo, apresentaram valores de proteína aproximadamente 7% superiores ao cultivar americano. De acordo com Bertholdsson (1999), os valores superiores a 12% encontrados nos cultivares BR-2 (PR) e Embrapa 128 podem ser atribuídos à aplicação de produtos químicos para o controle de pragas, além das geadas e aos fatores climáticos ocorridos durante a safra 2001.

A relação amido-proteína aqui observada apresentou uma correlação negativa ($r = -0,38$; $p < 0,05$). Åman e Newman (1986), avaliando a composição química de diferentes tipos de cevada nos Estados Unidos, também observaram que existe uma relação inversa entre teor de amido e proteína nesse cereal.

4.2.2 Cinzas e lipídios

Referente às cinzas, os valores encontrados variaram de 2,29 a 2,48 g/100g, sem diferença estatística ($p > 0,05$) entre os cultivares brasileiros testados. O teor lipídico variou de 2,50 a 3,57g/100g. Os valores encontrados nesta pesquisa encontram-se dentro dos resultados encontrados na literatura (PALMER, 1989; MACGREGOR; FINCHER, 1993; OSCARSSON et al, 1995; ÅMAN; NEWMAN, 1986).

4.2.3 Fibras Alimentares - β -glucanas

O teor de fibra alimentar total variou de 17,15 a 20,10g/100g, o qual está de acordo com dados encontrados na literatura (ÅMAN; NEWMAN, 1986; OSCARSSON et al. 1996) com valores de 17,6 a 22,9g/100g e 13,6 a 27,5g/100g, respectivamente.

A fibra total é composta das frações de fibras solúvel e insolúvel, sendo que a fração solúvel tem uma influência direta no processamento da cerveja e é

constituída de β -glucanas e arabinoxilanas. A fração de β -glucanas tem um efeito direto na maltagem, quando altos teores retardam o processo de degradação do endosperma (AASTRUP; ERDAL, 1980), assim como na fabricação da cerveja pois pode obstruir equipamentos no processo de filtração e causar turvação no produto final (Palmer, 1999). Logo, a utilização de cevada cervejeira com baixos teores (3,0 a 4,5g/100g) de β -glucanas é recomendada para o processo de maltagem (PALMER, 1989).

O teor de β -glucanas dos cultivares de cevada cervejeira brasileira estudado apresentou-se dentro dos parâmetros esperados (3,0 a 4,5g/100g) (PALMER, 1989), com valores entre 3,46 a 4,50g/100g, e teor médio de 3,95g/100g. O cultivar Harrington com 4,15g/100g de β -glucanas foi estatisticamente semelhante ($p < 0,05$) aos cultivares brasileiros. De acordo com Macnicol et al. (1993), a variação no teor de fibras solúveis está relacionada às condições ambientais, as quais influenciam o aumento ou diminuição de β -glucanas durante o desenvolvimento do grão.

TABELA 9. Composição química média de 7 cultivares brasileiros de cevada cervejeira e um cultivar americano, safra 2001 (g/100g em b.s)

Local	Cultivar	Proteína							
		Total (N x 6,25)	Lipídeos	Cinzas	β -glucanas	FAT	FAS	FAI	C.T
PR	BR-2	12,38 ^a	2,50 ^e	2,48 ^a	3,46 ^c	17,91 ^c	4,38 ^b	13,53 ^b	64,73 ^{bc}
	BRS-195	11,57 ^b	3,11 ^{bc}	2,34 ^a	4,20 ^{ab}	20,10 ^a	5,54 ^a	14,37 ^a	62,87 ^d
	Embrapa 128	12,53 ^a	2,87 ^{cd}	2,34 ^a	4,16 ^{ab}	18,28 ^{ab}	4,72 ^{ab}	13,56 ^{ab}	63,87 ^{cd}
RS	Embrapa 127	11,04 ^{cd}	3,36 ^{ab}	2,29 ^a	4,27 ^{ab}	17,15 ^c	4,71 ^{ab}	12,44 ^c	66,16 ^a
	MN684	11,14 ^{cd}	3,57 ^a	2,38 ^a	4,15 ^{ab}	17,66 ^{ab}	4,07 ^b	13,58 ^{ab}	65,24 ^{abc}
	MN698	11,32 ^{bc}	3,20 ^b	2,35 ^a	4,50 ^a	17,78 ^{bc}	4,45 ^b	13,33 ^{bc}	65,35 ^{abc}
SC	BR-2	11,29 ^{bc}	3,56 ^a	2,38 ^a	4,02 ^{bc}	18,11 ^{ab}	4,56 ^b	13,55 ^{ab}	64,63 ^{abc}
	CBB1	11,57 ^{bc}	2,84 ^d	2,32 ^a	3,79 ^{bc}	17,19 ^{bc}	3,92 ^b	13,27 ^{bc}	66,07 ^{ab}
EUA	Harrington	10,85 ^d	3,52 ^a	2,53 ^a	4,15 ^{ab}	17,62 ^b	4,53 ^b	13,09 ^{bc}	65,47 ^{ab}

C.T. Carboidratos totais; FAT: Fibra Alimentar Total; FAS: Fibra Alimentar Solúvel; FAI: Fibra Alimentar Insolúvel.

Médias com diferente letra na mesma coluna são estatisticamente diferentes

4.3 Maltagem

Os resultados das análises de qualidade do malte encontram-se ilustrados na Tabela 10 e nos Gráficos 1, 2 e 3.

Em relação à capacidade de absorção de água (grau de maceração, GM), foi observado que o cultivar BR-2 (PR) apresentou valor significativamente ($p < 0,05$) superior aos demais cultivares; entretanto. As diferenças encontradas no GM podem ser devidas à falta de uniformidade no tamanho dos grãos (BROOKES et al., 1976) e à percentagem de casca de cada cultivar (PALMER, 1989). Considerando as afirmações acima, os resultados obtidos mostraram que o cultivar CBB1, o qual apresentou 93,4% dos grãos na Classe I, obteve o menor GM, enquanto os cultivares BR-2 (PR e SC), com 78,1% dos grãos na Classe I, apresentaram valores de GM superiores aos demais cultivares, com umidade de 45,28% e 44,16% respectivamente (Tabela 8, 9 e 10).

No Gráfico 1, observa-se, não houve correlação significativa entre o grau de maceração e a textura do endosperma dos cultivares analisados.

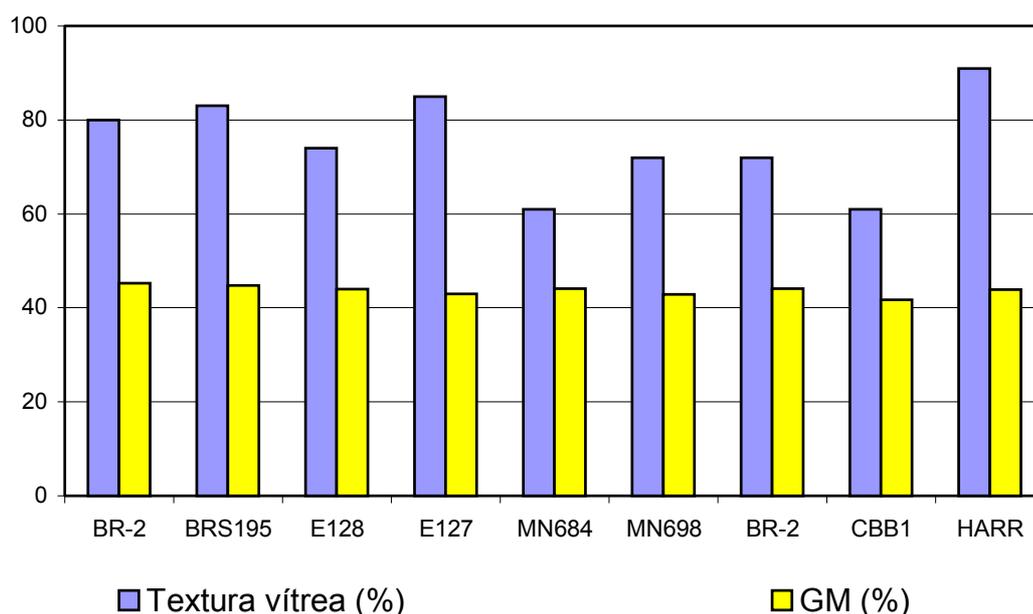


GRÁFICO 1. Comparação entre o grau de maceração e a textura do endosperma dos cultivares de cevada cervejeira

Segundo Hough (1990), a secagem do malte verde durante 24 horas a 55-60 °C deveria ser suficiente para a reduzir a umidade a 4%. Entretanto, neste estudo, essas condições diminuíram a umidade somente a 7%, valor que pode ter influenciado negativamente o extrato do malte (AASTRUP; ERDAL, 1980).

4.3.1 Modificação do endosperma

A modificação do endosperma foi significativamente ($p < 0,05$) superior para os cultivares Embrapa 127, BR-2 (SC) e CBB1 quando comparados aos cultivares BR-2 (PR) e Embrapa 128. Entretanto, o malte obtido do cultivar Harrington teve 96% de modificação, valor altamente desejado na indústria cervejeira. Segundo Aastrup (1988), valores de modificação do endosperma superiores a 80% são requeridos no malte. Logo, os cultivares BR-2 (PR) e Embrapa 128 apresentaram valores abaixo deste parâmetro de qualidade (Gráfico 2).

Em termos da homogeneidade do endosperma, o malte obtido do cultivar Embrapa 127 foi significativamente ($p < 0,05$) superior em todas as amostras de malte avaliadas, enquanto que o malte do cultivar Embrapa 128 foi significativamente ($p < 0,05$) inferior aos demais cultivares. No Gráfico 2, observa-se que apesar de que 7 dos cultivares avaliados apresentaram modificação acima de 80%, a homogeneidade não foi superior a 85%. Portanto o malte obtido não cumpriu com os requisitos de qualidade esperados (PALMER; 1999).

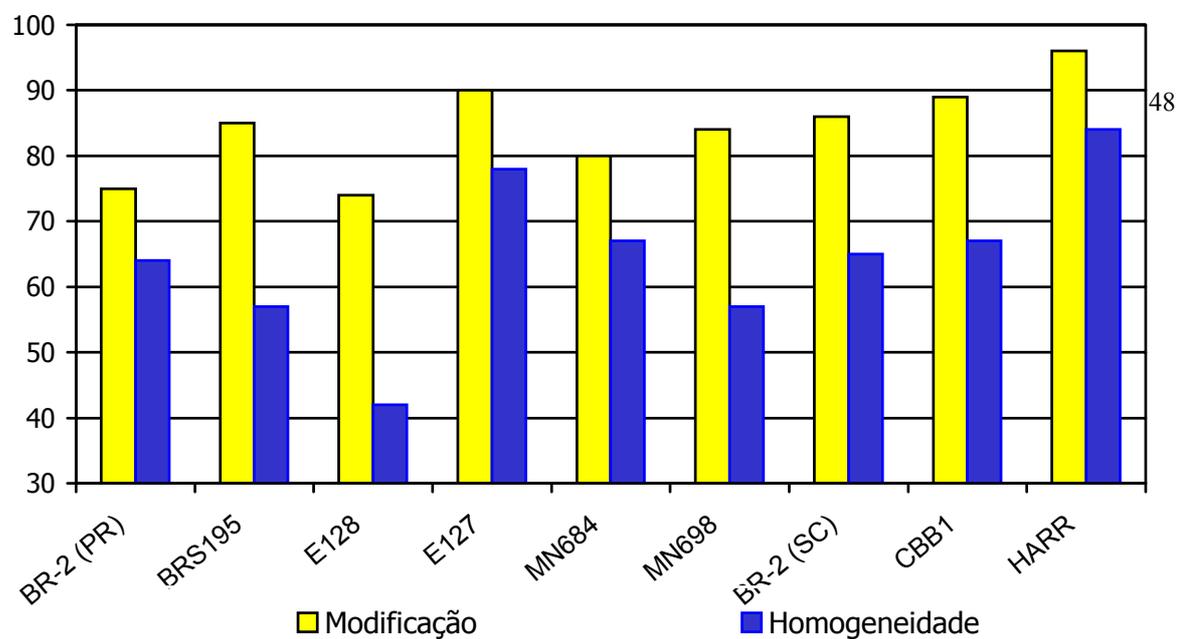


GRÁFICO 2. Comparação das percentagens de modificação e homogeneidade do endosperma dos cultivares cervejeiros

Por outro lado, o teor de β -glucanas e a interação proteína-amido podem influenciar a modificação do endosperma (CHANDRA et al., 1999). Segundo Palmer (1989), para evitar turbidez na cerveja, o teor de β -glucanas no malte deve ser de 0,2% a 1%. Porém, alguns cultivares avaliados aqui, apresentaram em média valores superiores, sendo que os valores de β -glucanas variaram entre 1,61% (Embrapa 128) e 0,67% (CBB1). Os cultivares de SC mostraram a maior redução no teor de β -glucanas seguida pelos do RS e PR (Gráfico 3). De acordo com Manzanares e Sendra (1996), as β -glucanas são responsáveis por problemas tais como demora na maltagem, diminuição do rendimento, aumento da viscosidade do mosto e turvação da cerveja.

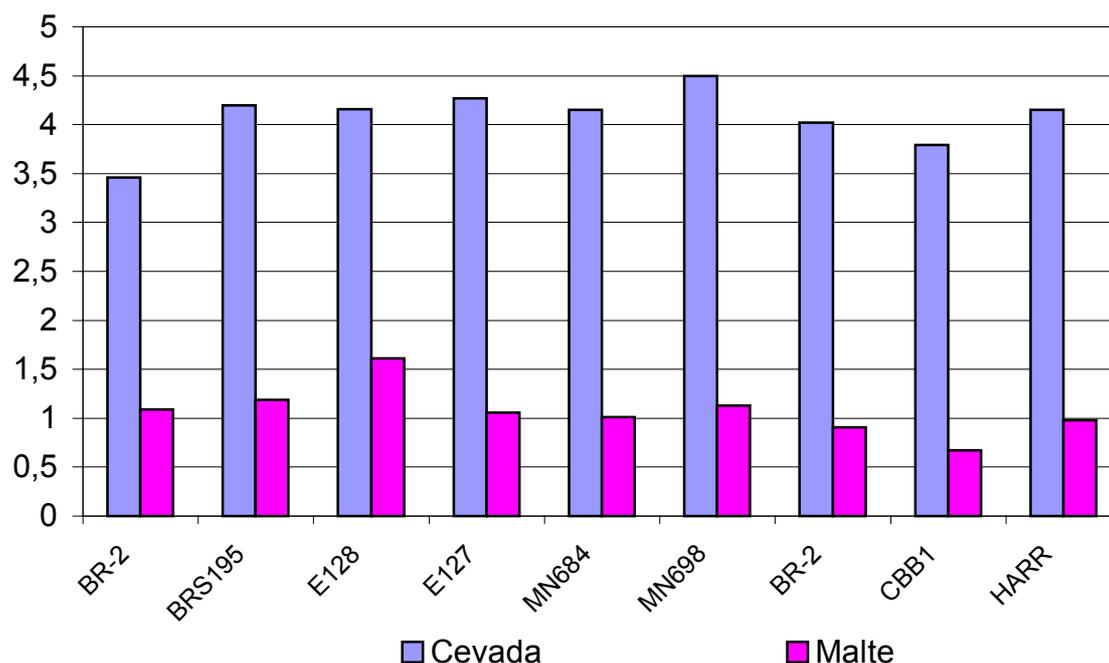


GRÁFICO 3. Degradção do teor de β -glicanas da cevada cervejeira durante a maltagem (% em b.s)

O extrato do malte dos cultivares analisados esteve dentro dos parâmetros de qualidade ($> 80\%$), exceto para os cultivares BR-2 (PR) e Embrapa 128 que apresentaram valores de 78,1 e 78%, respectivamente. Sendo o extrato do malte um indicador do potencial de fermentação, uma baixa extração dos sólidos solúveis (carboidratos e proteínas) compromete a qualidade do mosto (CYRAN et al., 2002; BAMFORTH; BARCLAY, 1993). Segundo Munck (1987), o rendimento do extrato do malte depende da modificação do endosperma ($r=0,41$) e está negativamente correlacionado com o teor de β -glicanas no mosto ($r=-0,37$), pois uma degradação ineficiente desses polissacarídeos não amiláceos, resulta em baixo teor de extrato.

Neste estudo, foi observada uma baixa friabilidade do malte, que pode ser atribuída a uma inadequada modificação do malte produzido. Os valores de friabilidade variaram de 37% a 50,5% para os cultivares BR2 (PR) e CBB1, respectivamente. Entretanto, segundo Darlington e Palmer (1996), a friabilidade do malte pode não ser necessariamente um parâmetro de qualidade, uma vez que

um alto valor de friabilidade (> 85%) nem sempre está correlacionado com o desempenho do malte no processamento da cerveja.

O valor de viscosidade para os cultivares brasileiros variou entre 1,47 e 1,58. Estes resultados estão acima do recomendado pela USDA (2003) (<1,5 cP), enquanto que o cultivar Harrington apresentou 1,42 cP. Segundo PALMER (1999), quando a degradação é inadequada os resultados da viscosidade aumentam e o extrato diminui.

Encontrou-se que o poder diastásico para todos os cultivares foi elevado, correspondendo o menor valor para o malte CBB1 (314 WK) e o maior para o malte Harrington (497WK). Devido à umidade final do malte, os resultados encontrados para o poder diastásico foram muito superiores aos relatados por GEORG-KRAMER et al (2001).

Segundo Palmer (1999), quanto maior a modificação do endosperma, menor o teor de nitrogênio total e β -glucanas e maior o nível de nitrogênio solúvel. Verificou-se que existe correlação negativa para o nitrogênio total ($r = -0,71$; $p < 0,0001$; $N = 27$), porém não foi encontrada nenhuma correlação significativa para os outros parâmetros.

Os valores do teor de nitrogênio total variaram de 1,66 a 1,95%, estando somente o malte referente ao cultivar Embrapa 127 dentro dos parâmetros de qualidade (1,5 a 1,7%). Os demais maltes obtidos apresentaram valores levemente acima deste valor. Os resultados de nitrogênio solúvel total variaram de 697 a 785mg/100g. Estes parâmetros estão diretamente associados à qualidade da cerveja, como por exemplo, à formação e estabilidade da espuma (BROOKES et al., 1976).

TABELA 10. Parâmetros de Qualidade do Malte de 7 cultivares brasileiros de cevada cervejeira um cultivar americano, safra 2001 (b.s.)

	PARANÁ			RIO GRANDE DO SUL			SANTA CATARINA		EUA
	BR-2	BRS195	Embrapa 128	Embrapa 127	MN684	MN698	BR-2	CBB1	Harrington
GM % ¹	45,28 ^a	44,83 ^{ab}	43,99 ^{bc}	43,03 ^{cd}	44,09 ^{cd}	42,38 ^{bc}	44,16 ^{bc}	41,77 ^d	43,94
Modificação endosperma % ¹	75 ^d	85 ^b	74 ^d	90 ^a	80 ^c	84 ^b	86 ^{ab}	89 ^a	96
Homogeneidade % ¹	64 ^b	57 ^c	42 ^d	78 ^a	67 ^b	57 ^c	65 ^b	67 ^b	84
β-glucanas % ¹	1,09 ^b	1,19 ^b	1,61 ^a	1,06 ^{bc}	1,01 ^c	1,13 ^{bc}	0,91 ^d	0,67 ^e	0,98
Extrato moagem fina % ²	78,1	79,8	78,0	81,7	80,6	81,2	80,4	81,3	81,6
Friabilidade % ²	37,0	42	30,5	48,2	40,5	46,5	41,4	50,5	43,5
Viscosidade % ²	1,50	1,53	1,58	1,47	1,52	1,49	1,48	1,47	1,42
Poder diastásico WK ²	400	440	370	485	425	389	405	314	497
Nitrogênio Total % ²	1,95	1,91	1,89	1,66	1,72	1,74	1,76	1,77	1,71
Proteína Total % ²	12,2	11,9	11,8	10,4	10,7	10,9	11,0	11,0	10,7
Nitrogênio solúvel % ²	0,75	0,78	0,73	0,72	0,69	0,76	0,75	0,78	0,87

Médias com diferente letra na mesma linha são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

¹ Valores médios (n=3)

² Valores médios (n=1)

4.4 Correlação dos parâmetros físico-químicos, germinativos e qualidade do malte da cevada cervejeira BR-2 do Paraná e Santa Catarina

Os parâmetros físicos e germinativos da cevada cervejeira BR-2 cultivada no Paraná e Santa Catarina encontram-se na (Gráfico 4). Com base nos resultados mostrados para classificação e peso mil de sementes (PMS), não foi observada diferença entre os dois estados. Entretanto, a cultivar BR-2 diferiu ($p < 0,05$) estatisticamente em relação às características de textura vítrea e poder germinativo. A variação observada nas características acima para o cultivar BR-2 entre os dois estados pode estar diretamente ligada à ocorrência de pragas, geadas e baixo índice pluviométrico no estado do Paraná, durante o desenvolvimento do grão, acarretando o aumento no número de grãos vítreos e diminuição da capacidade de germinação (LAVARDA et al., 2002).

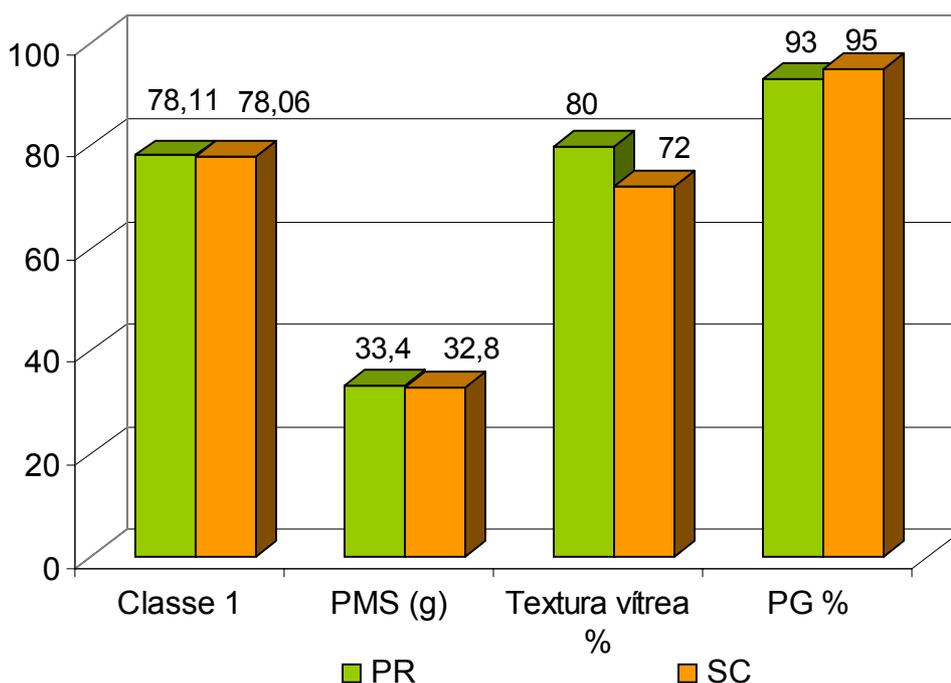
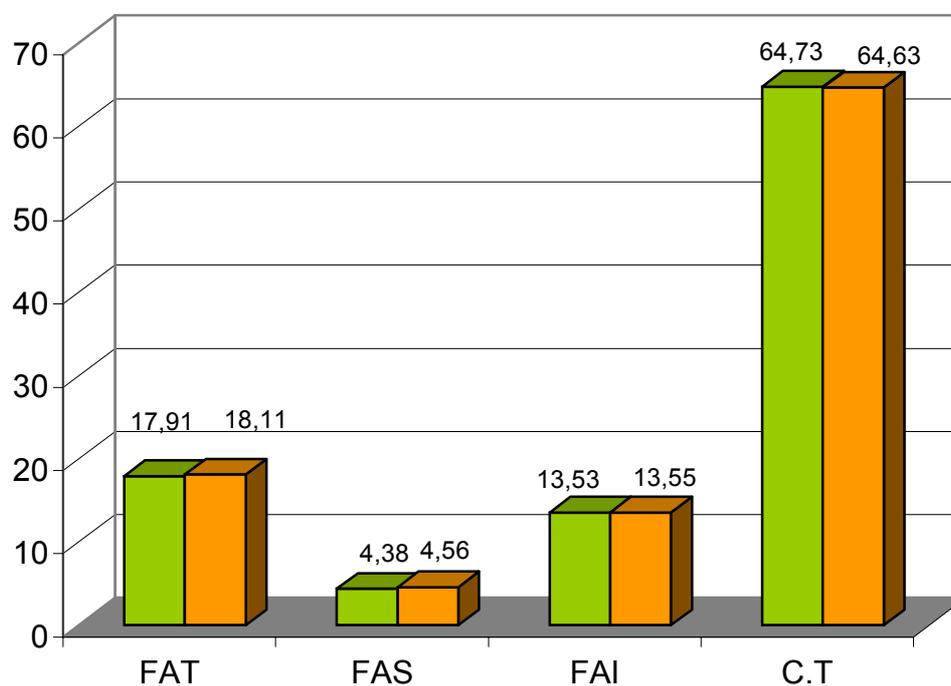
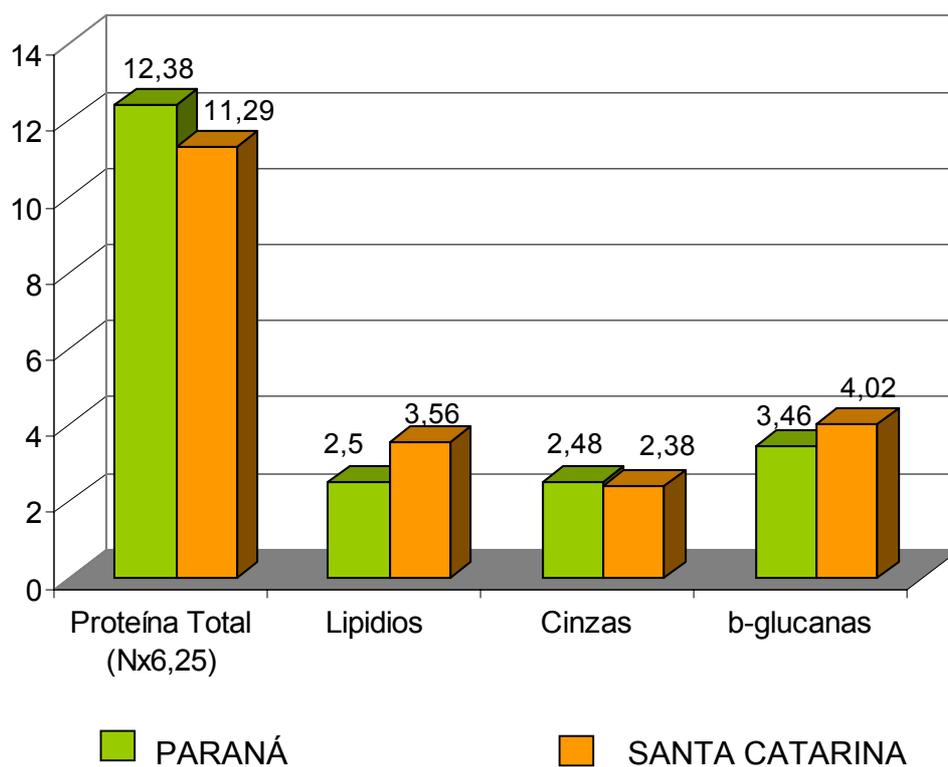


Gráfico 4. Características físicas e germinativas do cultivar BR-2 do Paraná e Santa Catarina, safra 2001

O Gráfico 5 apresenta os resultados da composição química da cevada cervejeira BR-2 cultivada nos estados do Paraná e Santa Catarina. Os teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, e carboidratos totais não diferiram entre si. Porém, observaram-se diferenças significativas entre o teor de proteína, lipídios, cinzas e β -glucanas ($p < 0,05$). Essas diferenças provavelmente estão relacionadas à geada ocorrida no mês de setembro de 2001 no Paraná (LAVARDA et al., 2002); e também, à aplicação de fertilizantes e à ausência de água durante o crescimento da planta (SATTLER, 2002), que podem ter aumentado os níveis de nitrogênio dentro do grão (EAGLES et al. 1995; AGU; PALMER, 2001) e diminuído o teor de β -glucanas (MACNICOL et al, 1993). Logo, baseada nesses resultados, o cultivar BR-2 possivelmente apresentará um baixo rendimento no processo de maltagem (RIIS et al, 1991; WALLWORK et al., 1998), em relação ao cultivar BR-2 cultivado em Santa Catarina.



FAT: Fibra Alimentar Total; FAS: Fibra Alimentar Solúvel; FAI: Fibra Alimentar Insolúvel. C.T. Carboidratos Totais

Gráfico 5. Composição química do cultivar BR-2 do Paraná e Santa Catarina, safra 2001, (g/100g em b.s.)

Os resultados dos parâmetros de qualidade do malte BR-2 cultivado nos estados do Paraná e Santa Catarina encontram-se na Tabela 11. Apesar do grau de maceração (GM) da cevada BR-2 das duas localidades diferirem ($p < 0,05$) estatisticamente, o GM apresentou valores dentro dos parâmetros esperados (43-46%) para ambos os estados (BROOKES et al. 1976). Durante a germinação, houve um desenvolvimento excessivo da radícula, que resultou em alta produção enzimática, alto teor de nitrogênio total ($>1,5\%$), baixo extrato de moagem fina ($<80\%$) e pouca homogeneidade do malte.

Em relação à modificação do endosperma, observou-se uma modificação de 75 e 86%, para o malte BR-2 Paraná e Santa Catarina, respectivamente. Verificou-se que ocorreu uma degradação deficiente das paredes celulares e da proteína (Figura 6). O teor de β -glucanas do malte obtido da cevada proveniente do Paraná foi superior ($p < 0,05$) ao do malte de Santa Catarina, com valores de 1,09 e 0,91%, respectivamente. Palmer (1989) sugere valores de 0,5 a 1% para estas fibras no malte. A degradação de β -glucanas observada neste estudo foi de 68,5 e 77,4% para Paraná e Santa Catarina, respectivamente. De acordo com Munck (1991), deveria haver uma degradação de β -glucanas no malte de 86% para obtenção de um malte de boa qualidade.

Alguns autores como Palmer (1999) e Brookes et al. (1976) afirmam que a hidratação e o grau de modificação do endosperma depende da textura (vítrea ou farinácea) e da matriz protéica. Quando correlacionado o grau de modificação com a textura vítrea e a matriz protéica da cevada e malte BR-2 em ambos os estados, os resultados obtidos neste estudo mostraram que a textura vítrea está correlacionada positivamente com a proteína ($r = 0,96$; $p < 0,001$) e negativamente com as β -glucanas ($r = -0,76$; $p < 0,05$) e com a modificação ($r = -0,99$; $p < 0,0001$). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por BRENNAN et al. (1996) e MUNCK (1991). Em maltes de baixa qualidade, geralmente ocorre uma forte associação entre proteínas e amido, pois a matriz protéica adere aos grânulos grandes de amido e embebe os pequenos, retardando o acesso de enzimas aos substratos, ocasionando baixa modificação do endosperma (BRENNAN et al., 1996).

Molina-Cano et al. (1997) mostraram que o efeito do genótipo foi mais significativo sobre as β -glucanas, enquanto que a localidade teve um efeito maior

sobre a proteína, cinzas, PMS e viscosidade. Quando avaliada a interação do ambiente com a modificação do endosperma do cultivar brasileiro verificou-se que esta depende da textura, e do teor de proteínas ($r=-0,96$; $p < 0,0001$; $N= 9$) e que há efeito significativo da localidade sobre as β -glucanas ($p < 0,05$), a textura ($p < 0,0001$) e a modificação do endosperma ($p < 0,0001$), mas não sobre a homogeneidade do malte.

De acordo com Eagles et al. (1995) e Angelino et al. (1997), o poder diastásico e a proteína aumentam com a adição de fertilizantes nitrogenados, enquanto o extrato do malte diminui. Os resultados obtidos nesse estudo mostraram que ocorreu uma relação inversa entre o teor de proteína e o extrato do malte para o malte obtido do cultivar BR-2 de Santa Catarina (Tabela 11).

Observou-se que o cultivar BR-2 de Santa Catarina apresentou modificação do endosperma mais elevado, baixo teor de nitrogênio total e alto extrato de moagem fina e friabilidade, quando comparado ao cultivar BR-2 do Paraná. Apesar de essas características não estarem dentro dos padrões esperados, esse cultivar mostrou uma melhor qualidade do malte.

TABELA 11. Parâmetros de qualidade do Malte BR-2 de PR e SC, safra 2001 (base seca)

	Localidade	
	PR	SC
GM %	45,28 ^a	44,16 ^b
β -glucanas %	1,09 ^a	0,91 ^b
Modificação do endosperma %	75 ^b	86 ^a
Homogeneidade	64 ^a	65 ^a
Extrato moagem fina %	78,1	80,4
Friabilidade %	37,0	41,4
Viscosidade cP (20 °C)	1,50	1,48
Poder diastásico WK	400	405
Nitrogênio Total %	1,95	1,76
Proteína Total %	12,2	11,0
Nitrogênio solúvel %	0,75	0,75

4.5 Microestrutura da cevada cervejeira brasileira e malte

Utilizando a técnica de microscopia eletrônica de varredura, foi observada a estrutura do endosperma dos sete cultivares brasileiros de cevada cervejeira, do cultivar Harrington e seus respectivos maltes. Baseada na textura e qualidade do malte analisado, foram escolhidas 12 micrografias dos cultivares mais representativos, sendo que as 4 fotografias do cultivar BR-2 de Paraná e Santa Catarina foram estudadas individualmente (Figuras 5 e 6).

Quando observada a compactação do endosperma dos cultivares vítreos BR-2 (PR), Embrapa 127 (Tabela 8, Figuras 5 e 6) e BRS195, constatou-se que esses apresentam uma forte ligação proteína-amido, pois os grânulos grandes e pequenos de amido estão embebidos em uma matriz pouco uniforme e altamente irregular. Este tipo de estrutura não é desejável pois o malte obtido pode retardar o processo de filtração da cerveja (PALMER, 1989). Embora nesses cultivares não tenham sido observadas cavidades de ar, os cultivares MN684 e CBB1 com textura farinácea mostraram menor compactação do endosperma. Diferente da textura vítrea, o endosperma farináceo não permite a passagem de luz incidente através do endosperma devido aos espaços de ar, os quais tornam o grão opaco (CHANDRA et al, 1999). A figura 5 (e) também mostra uma grande quantidade de proteína cobrindo o amido, mas uma menor associação entre esses dois constituintes. Todos os cultivares apresentaram paredes celulares não muito grossas e em nenhuma das micrografias foram observadas quantidades consideráveis de grânulos pequenos de amido.

Já no malte, pôde-se verificar que a estrutura do malte Harrington foi a mais modificada, seguida pela do Embrapa 127. Apesar de o último, apresentar maior quantidade de grânulos de amido pequenos sem degradar, ambos os cultivares mostraram ter o amido bastante danificado, com baixa quantidade de paredes celulares e proteína. Os maltes Embrapa 128 (figura 5 - f), BR-2 (PR), (Figura 6 – b), MN698 e BRS 195 apresentaram pouca modificação do endosperma, com regiões dentro do endosperma com proteína e paredes celulares sem degradar.

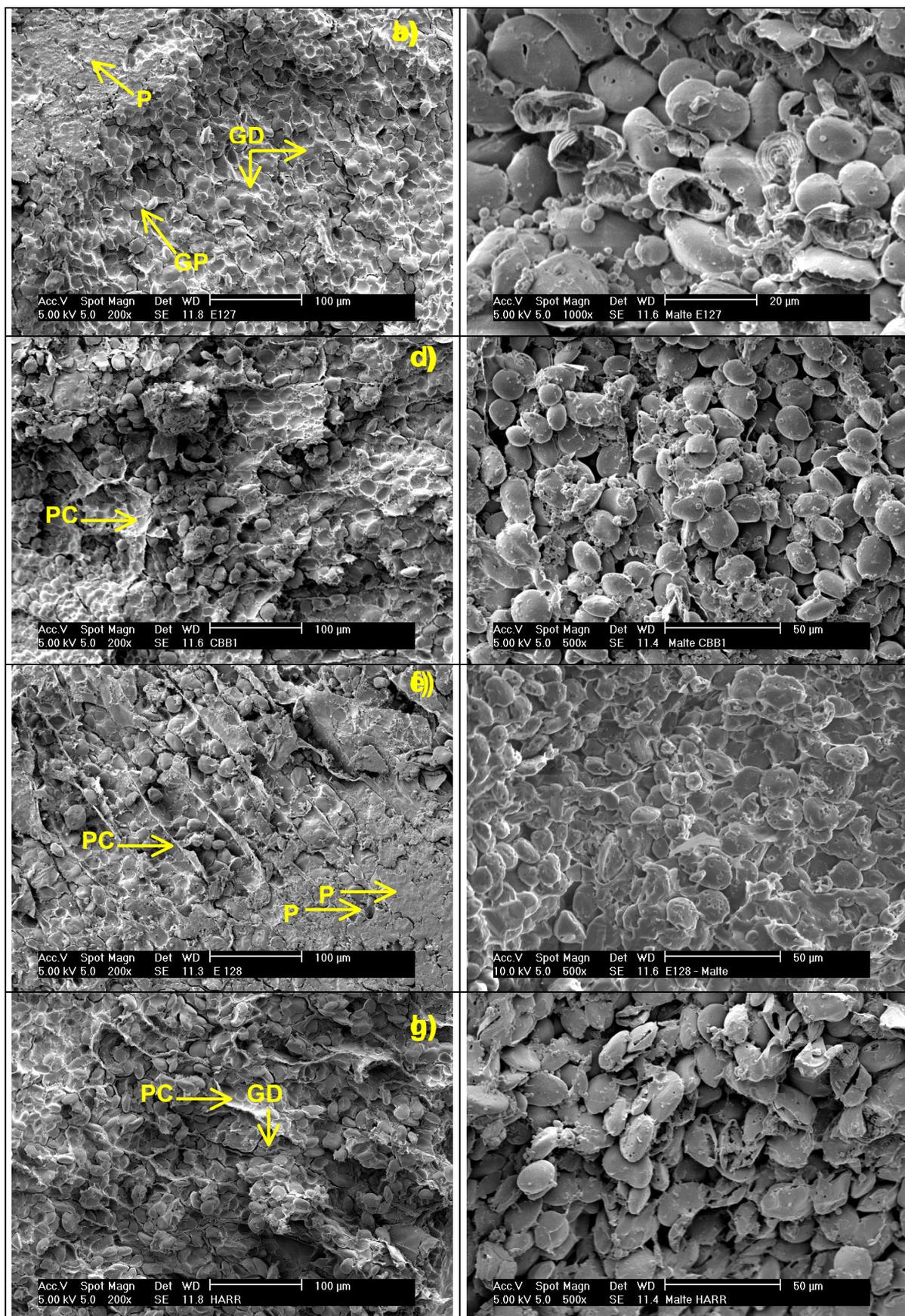


FIGURA 5. Microestrutura de cultivares de cevada cervejeira brasileira e seu respectivo malte: a) e b) Embrapa 127; c) e d) CBB1; e) e f) Embrapa 128; e, g) e h) Harrington. P=

Proteína; PC= Parede celular; GA: Grânulos grandes de amido; GP: Grânulos pequenos de amido. GD: grânulo de amido degradado enzimaticamente

Na Figura 6, pode-se observar que o cultivar BR-2 de Santa Catarina (a), apresenta paredes celulares mais grossas do que BR-2 (PR) (b). Além disso, o amido parece estar coberto por uma grande quantidade de proteínas que compactam ainda mais o endosperma, especialmente no caso do cultivar do Paraná, onde a estrutura parece ser mais rígida. Entretanto, no malte se observa que a proteína e β -glucanas não foram adequadamente degradadas e, quando isto ocorre, o amido é parcialmente modificado e as características do malte obtido ficam abaixo do padrão (Tabela 6).

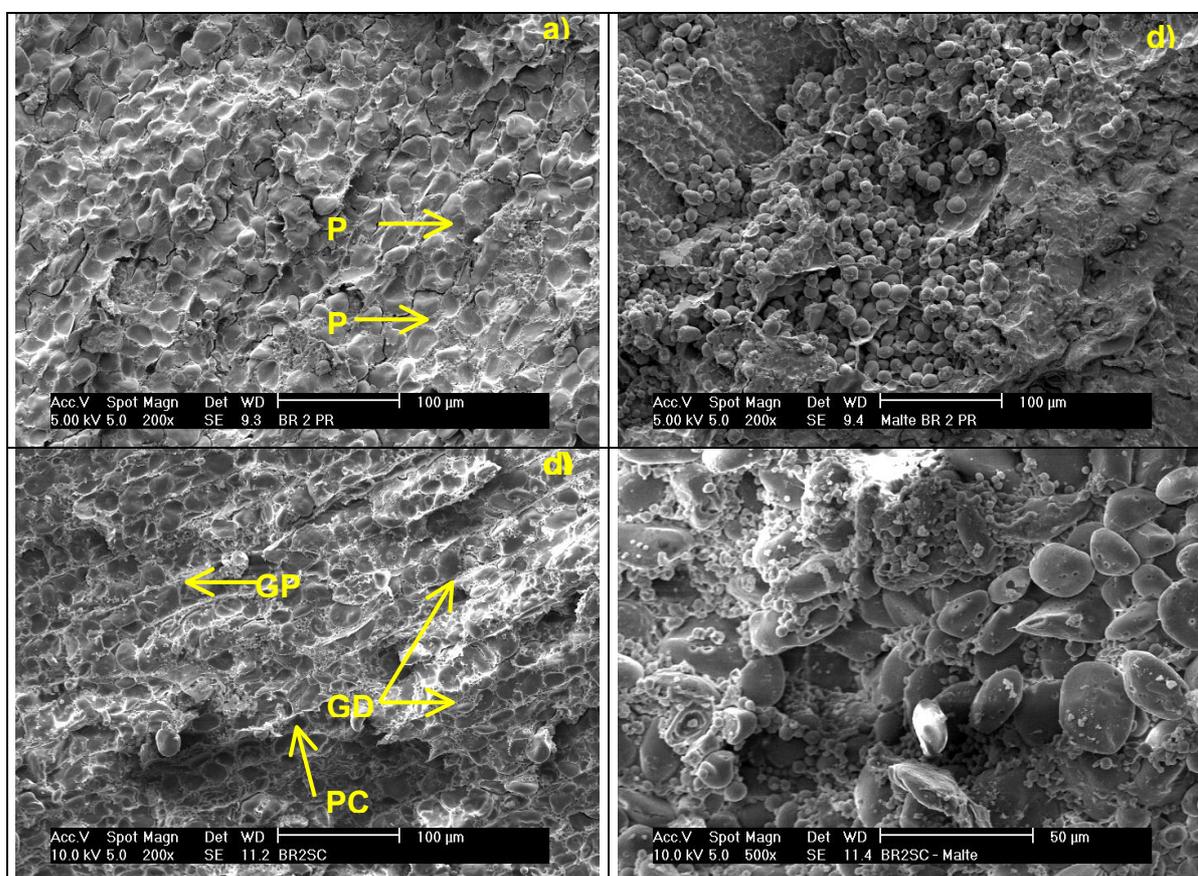


FIGURA 6. Microestrutura do cultivar BR-2 do Paraná e Santa Catarina. Cevada e malte: a) e b) do Paraná; c) e d) de Santa Catarina. P= Proteína; PC= Parede celular; GA: Grânulos grandes de amido; GP: Grânulos pequenos de amido. GD: grânulo de amido degradado enzimaticamente.

5. CONCLUSÕES

- Apesar do esforço integrado das instituições de pesquisa e indústrias, alguns parâmetros de qualidade dos sete cultivares de cevada cervejeira brasileira avaliadas neste estudo ainda se encontram abaixo dos padrões de qualidade recomendados internacionalmente.
- As diferenças observadas entre os parâmetros físico-químicos, germinativos e qualidade do malte da cevada cervejeira BR-2 cultivada nos estados do Paraná e Santa Catarina podem estar relacionadas às interações ambientais.
- Observou-se que o cultivar BR-2 de Santa Catarina mostrou uma melhor qualidade do malte quando comparado ao cultivar BR-2 do Paraná, apesar de as características do malte ainda não estarem dentro dos padrões esperados.
- Através da microscopia eletrônica de varredura observou-se que a grande maioria dos cultivares brasileiros de cevada cervejeira analisada apresentou uma forte compactação do amido com a proteína (textura vítrea) o que dificultou os processos subseqüentes de maltagem.
- Apesar da predominância da textura vítrea nos cultivares brasileiros, a cevada com melhor desempenho foi a de Embrapa 127 embora não seja a mais comercializada no Brasil. Esta característica pode ser o resultado da influência das condições ambientais e genéticas sobre a composição e estrutura do endosperma
- Estudos que avaliem o potencial enzimático e a relação da textura do endosperma dos cultivares brasileiros com a qualidade do malte devem ser feitos para proporcionar ferramentas às instituições pesquisadoras para o desenvolvimento de cultivares melhorados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASTRUP, S. A review of quick, reliable, and simple check methods for barley and malt based on the Carlsberg Seed Fixation System. **American Society of Brewing Chemists Journal**, v. 46, n. 2, p.37-43. 1988

AASTRUP, S. Selection and Characterization of Low β -glucan Mutants from Barley. **Carlsberg Research Communication**, n. 48, p. 307-316, 1983.

AASTRUP, S.; ERDAL, K. Quantitative Determination of endosperm Modification and its Relationship to the content of 1,3:1,4- β -Glucans during Malting of Barley. **Carlsberg Research Communication**, n. 45, p. 369-379, 1980.

AASTRUP, S.; GIBBONS, G. C.; MUNCK, L. A rapid method for estimating the degree of modification in barley malt by measurement of cell wall breakdown. **Carlsberg Research Communication**, n. 46, p. 77-86, 1981.

AGU, R.C; PALMER, G.H. The effect of nitrogen level on the performance of malting barley varieties during germination. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 107, n. 2, p.93-98. 2001.

_____; _____. Comparative development of soluble nitrogen in the malts of barley and sorghum. **Process Biochemistry**, v. 35, p.497-502.1999.

_____; _____. The effect of temperature on the modification of sorghum and barley during malting. **Process Biochemistry**, v. 32, n. 6, p.501-507.1997.

ÂMAN, P; NEWMAN, W. Chemical composition of some different types of barley grown in Montana, U.S.A. **Journal of Cereal Science**, v. 4, p. 133-141. 1986.

AMATO, G.W. **Arroz parbolizado: método para determinação de grãos não-gelatinizados**. Porto Alegre: CIENTEC, 1988. 16p. (Boletim Técnico).

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC) -. **Approve Methods**. St. Paul, Minnesota, 9th ed., 1995.

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS (ASBC). **Methods of Analysis**. St. Paul, Minnesota, 1992.

ANALYTICA - **EBC - Analysis Committee of the European Brewery Convention**, Brauerei –und Getränke Rundschau: Zurich, 1998.

ANDERSSON, A.A.M, ANDERSSON, R.; AUTIO, K; ÅMAN, P. Chemical composition and microstructure of two naked waxy barleys. **Journal of Cereal Science**, v. 30, p. 183-191. 1999.

ANGELINO, S.A.G.F; VAN LAARHOVEN, H.P.M., VAN WESTEROP, J.J.M; BROEKHUIJSE, B.M.; MOCKING, H.C.M. Total Nitrogen Content in Single Kernel Malting Barley Samples. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 103, p. 41-46, jan. /fev., 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of the analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 1998.

AXCELL, B.; JANKOVSKY, D; MORRAL.P.F. STEEPING- The crucial factor in determining Malt Quality. **Brewers Digest**, v. 58, n. 8, p. 20-23. 1983.

BALDANZI, G.; BAIER, C.A.; FLOSS, L.E.; MANARA, W.; FELKL, N.T.; VEIGA, P.; TARRAGÓ, M.F.S. **As lavouras de Inverno-2**. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1988.

BAMFORTH, C. W.; QUAIN, D. E. Enzymes in Brewing and Distilling. In: PALMER, G. H. **Cereal Science and Technology**. UK: Aberdeen University Press, 1983. p. 326-366.

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

BERTHOLDSSON, N.O. Characterization of malting barley cultivars with more or less stable grain protein content under varying environmental conditions. **European Journal of Agronomy**, n. 10, p. 1-8. 1999.

BHATTY, R.S. Production of food malt from hull-less barley. **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 1, p. 75-80, 1996.

BOHATCH, A. **Cerveja: fabricação em pequena escala**. Curitiba: 1994,74 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.

BRASIL. Portaria nº 691, de 22 de novembro de 1996. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: fev. 5 de 2002.

BRENNAN, C.S., HARRIS, N., SMITH, D., SHEWRY, P.R. Structural differences in the mature endosperms of good and poor malting barley cultivars. **Journal of Cereal Science**, v. 24, p.171-177.1996.

BRENNAN, C.S; AMOR, M.A.; HARRIS, N.; SMITH, D.; CANTRELL, I.; GRIGGS, D. SHEWRY, P.R. Cultivar differences in modification patterns of protein and carbohydrate reserves during malting of barley. **Journal of Cereal Science**, v. 26, p. 83-93. 1997.

BRESCIANI, E. Alimentos e bebidas do Antigo Egito. In: FLANDRIN, J.; MONTARI, M. **História da alimentação**. Estação Liberdade. São Paulo: p. 71, 1996.

BROOKES, P.A. ; LOVERR, D.A.; MACWILLIAM, I.C. The steeping of barley. A review of the metabolic consequence of water uptake, and their practical implications. **Journal of the Institute of Brewing**. v. 82, p. 14-26, jan./fev.,1976

BURGER, W.C.; LaBERGE, D.E. Malting and Brewing quality. In: RASMUSSEN, D.C. **Barley**. Wisconsin, USA: American Society of Agronomy. Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. 1985. p. 367-401.\

CHANDRA, PROUDLOVE, M.O; BAXTER, D. The structure of barley endosperm- Na important determinant of malt modification. **Journal of the Science of Food and Agricultura**. v.79. p. 37-46. 1999.

COMISSÃO DE PESQUISA DE CEVADA. **Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2001 e 2002**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 80 p.

CONTER, L.F. **Avaliação de resíduo seco de malte para uso na alimentação**. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina.

COSTA BEBER, R. **Caracterização física e química de genótipos brasileiros de Aveia sativa L. – Influência genética e ambiental**. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina.

CYRAN. M.; IZYDORCZYK, M.S.; MACGREGOR, A. W. Structural characteristics of water-extractable nonstarch polysaccharides from barley malt. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 79, n. 3, p. 359-366. 2002.

DARLINGTON, H.F.; PALMER, G.H. Homogeneity of the friable flour of malting barley. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 102. p. 179-182; mai./ jun. 1996.

DAVIES, N.L Use of x-ray microanalysis to study hidratation patterns in barley. **Journal of Cereal Science**, v. 14, p. 85-94. 1991

de FRANCISCO, A. ; MUNCK, L. Practical applications of fluorescence image analysis. In: MUNCK, L.; DE FRANCISCO, A. **Fluorescence Analysis in Foods**. U.K.: Longman Scientific and Technical, 1989. p. 110-124.

de FRANCISCO, A. Combined fluorescence and scanning electron microscopy: A technique for interchangeable examination of one specimen with two microscopes. In: MUNCK, L.; de FRANCISCO, A. **Fluorescence Analysis in Foods**. U.K.: Longman Scientific and Technical, 1989. p. 125-130.

de FRANCISCO, A.; de SÁ, R. **Beta-glucanas: localização, propriedades e utilização**. LAJOLO, F.M, et al. In: **Fibra dietética em Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, p. 91-101. 2001.

DUFFUS, C.M; COCHRANE, M.P. Formation of the Barley Grain – Morphology, Physiology, and Biochemistry. In: MACGREGOR, A.W.; BHATTY, R.S. **Barley: Chemistry and Technology**. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists Inc., 1993. p. 31-67.

EAGLES, H.A.; BEDGGOOD, A.G., PANOZZO, J.F.; MARTIN, P.J. Cultivar and environmental effects on malting quality in barley. **Australian Journal of Agricultural Research**, n. 46, p. 831-844. 1995.

ECHART-ALMEIDA, C; CAVALLI-MOLINA, S. Hordein polypeptide in relation to malting quality in Brazilian barley varieties. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 2, 2001.

ECHART-ALMEIDA, C; CAVALLI-MOLINA, S. Hordein variation in Brazilian barley varieties (*Hordeum vulgare* L) and wild barley (*H. euclaston* Steud and *H. stenostachys* Godr.). **Genetics and Molecular Biology**. v. 23, n. 2, p. 425-433. 2000.

ELFVERSON, C; ANDERSSON, A.A.M, ÅMAN, P; REGNÉR, S. Chemical composition of barley cultivars fractionated by weighing, pneumatic classification, sieving, and sorting on a specific gravity table. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 76, n. 3, p. 434-438. 1999.

EMBRAPA. **Cevada BR-2**. Embrapa portal de pesquisa agropecuária. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/pesquisa/tecnolog/cevada2.htm>> Acesso em: 20 julho 2001.

ETOKAKPAN, O.U.; PALMER, G.H. Properties of endosperm cell walls isolated from unmalted and malted grains of barley and sorghum. **Process Biochemistry**, v. 29, p. 559-563. 1994.

FAO – Food and Agricultural organization (UN). Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 11 novembro 2002.

FULCHER, R. G.; IRVING, D.W.; DE FRANCISCO, A. Fluorescence microscopy: applications in food analysis. In: MUNCK, L.; de FRANCISCO, A. **Fluorescence Analysis in Foods**. U.K: Longman Scientific and Technical. p.59-109. 1989.

GALLANT, D.J; de MONREDON, F; BOUCHET, B; TACON, P; DELORT-LAVAL, J. Cytochemical study of intact and processed barley grain. **Options Méditerranéennes – Série Séminaires. New Trends in Barley Quality for Malting and Feeding**, n. 20, p. 31-34, 1991.

GEORG-KRAEMER, J.E.; MUNDSTOCK, E.C.; CAVALLI-MOLINA, S. Developmental expression of amylases during barley malting. **Journal of Cereal Science**, v. 33, p.279-288. 2001.

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

HAN, J. Structural characteristics of arabinoxylan in barley, malt and beer. **Food Chemistry**, n. 70, p. 131-138. 2000.

HOSENEY, R.C. Principles of **Cereal Chemistry** and Technology. 2nd. ed. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal chemists, Inc. 1994.

HOUGH, J.S. Biotecnología de la cerveza y la malta. Zaragoza: Acribia, 1990.

HOWARD, K.A. GAYLER, K.R.; EAGLES, H.A.; HALLORAN, G.M. The relationship between D Hordein and malting quality in barley. **Journal of Cereal Science**, v. 24, p. 47-53. 1996.

KENT, N.L. **Tecnología de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1987.

KITAMURA, Y.; YAMADA, K.; YUMOTO, T. The initial absorption of water and the manifestation of physiological activities by barley kernels. *Monatsschrift*, 1990

KNUCKLES, B.E.; CHIU, M.M. β -Glucanase activity and molecular weight of β -glucans in barley after various treatments. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 76, n. 1, p. 92-95. 1999.

LAVARDA, L.B.; BOTTINI, M.; PANISSON, E. Avaliação da safra do Paraná e Santa Catarina – 2001 AmBev. In: MINELLA, E. **Anais e Ata: XXII Reunião Anual de Pesquisa de Cevada**. Passo Fundo, RS, 9 a 11 de abril de 2002. p. 63-68.

LIBARDONI, E. **Determinação de gluten em aveia e produtos derivados**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina.

MACCLEARY, B.V; NURTHEN, E.J. Measurement of (1-3)(1-4)- β -glucan in malt, wort and beer. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 92. p. 168-173. 1986.

MacGREGOR, A. W.; FINCHER, G. B. Carbohydrates of the barley grain In: MacGREGOR, A. W.; BHATTY, R. S. **Barley: Chemistry and Technology**. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc. p. 73-130, 1993.

MACNICOL, PK; JACOBSEN, J.V.; KEYS, M.M.; STUART, I.M.; Effects of Heat and Water Stress on Malt Quality and Grain Parameters of Schooner Barley Grown in Cabinets. **Journal of Cereal Science**, v. 18, p. 61-68. 1993.

MANZANARES, P; SENDRA, J.M. Determination of total (1-3),(1-4)- β -D-glucan IN barley and Malta Flour Samples. **Journal of Cereal Science**, v. 23, p.293-296. 1996.

McENTYRE, E.; RUAN, R.; FULCHER, R.G. Comparison of water absorption patterns in two barley cultivars, using Magnetic Resonance Imaging. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 75, n. 6, p. 792-795.1998.

MINELLA, E. Safra Nacional de cevada cervejeira de 2001. In: MINELLA, E. **Anais e Ata: XXII Reunião Anual de Pesquisa de Cevada**. Passo Fundo, RS, 9 a 11 de abril de 2002. p. 84

MUNCK, L. Advances in barley quality. Experiences and Perspectives. **Options Méditerranéennes – Série Séminaires. New Trends in Barley Quality for Malting and Feeding**, n. 20, p. 9-18, 1991.

MUNCK, L. Quality assessment of brewing barley varieties. **EBC Congress 1987**. 1987.

NEWMAN, C.W; McGUIRE, C.F. Nutritional quality of barley. In: RASMUSSEN, D.C. **Barley**. Wisconsin, USA: American Society of Agronomy. Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. N. 26. 1985. p. 404.

NILAN, R.A; ULLRICH, S.E. Barley: Taxonomy, Origin, Distribution, Production, Genetics and Breeding. In: MACGREGOR, A.W.; BHATTY, R.S. **Barley: Chemistry and Technology**. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc. 1993. p. 1-29.

OSCARSSON, M; ANDERSSON, R.; SALMONSSON, C; ÅMAN, P. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fiber components. **Journal of Cereal Science**, v. 24, p. 161-169. 1995.

PALMER, G.H. Malt performance is more related to inhomogeneity of protein and α -glucan breakdown than to Standard Malt Analyses. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 106. p. 189-192. 2000.

_____. Achieving Homogeneity in Malting. **European Brewery Congress Proceedings**, p. 323-363, 1999.

_____. Cereals in Malting and Brewing. In: PALMER, G.H. **Cereal Science and Technology**. UK: Aberdeen University Press, 1989. p. 61-242.

_____. Ultrastructure of endosperm and quality. Experiences and Perspectives. **Options Méditerranéennes – Série Séminaires. New Trends in Barley Quality for Malting and Feeding**, 20:19-29, 1991.

_____. Ultrastructure of the cell walls of the transport pathway for gibberellic acid in barley aleurone layer. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 104. p. 137-142, mai./jun.,1998.

PALMER, G.H.; SHIRAKASHI, T.; SANUSI, L.A. **Physiology of germination. EBC Congress 1989**. p. 63-74. 1989.

PETERSON, D. United State Department Of Agriculture (USDA). **Cereal Crops Research Unit**. 2001.

POEHLMAN, J.M. Adaptation and Distribution. In: RASMUSSEN, D.C. Barley. Wisconsin, USA: American Society of Agronomy. **Crop Science Society of America, Soil Science Society of America**. 1985.

PRESSNELL, I. South America's "emerging" beer markets: diverse in size and scale. **Brewing; Distilling International**, v. 29, N. 12, p.11, 1998.

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

REXEN, R.; MUNCK, L. Cereal crops for industrial use in Europe. Dinamarca. **Report of the European Commission**, 1984.

RIIS, P.; BANG-OLSEN, K. Germination profile – a new term in barley analyses. **Carlsberg Research Communication**, 10:101-108, 1991.

SATTLER, R. Avaliação da safra de cevada em 2001 na Cooperativa Agrária. In: MINELLA, E. **Anais e Ata: XXII Reunião Anual de Pesquisa de Cevada**. Passo Fundo, RS, 9 a 11 de abril de 2002. p. 56-60.

SHEWRY, P.R. Barley seed proteins. In: MACGREGOR, A.W.; BHATTY, R.S. **Barley: Chemistry and Technology**. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc. 1993. p. 131-183.

SISSONS, M.J; MACGREGOR, A.W. Hydrolysis of barley starch granules by α -glucosidases from malt. **Journal of Cereal Science**, v. 19, p.161-169. 1994.

SÓ E SILVA, M; MINELLA, E.; ARIAS, G; ANTONIAZZI, N.; SPEROTTO, L.; ALMEIDA, J.L. de; SILVA, C. **Cevada cervejeira: avaliação de cultivares recomendados em 1998 para a Região Sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 48p.

TANG, H; ANDO, H.; WATANABE; Some physicochemical properties of small, medium and large-granule starches in fractions of waxy barley grain. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 77, n. 1, p. 27-31. 2000.

USDA. UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Malting Barley Breeding Guidelines: Idela commercial malt criteria. Disponível em: <http://www.usda.gov>. Acesso em: 15 de jan. de 2003.

WALLWORK, M.A.B; JENNER, C.F.; LOUGUE, S.J.; SEDGLEY, M..Effect of high temperature during grain-filling on the structure of developing and malted barley grains. **Annals of Botany**. v. 82. p. 587-599.

WRIGLEY, C.W.; BATEY, I.L. Efficient strategies for variety identification. In: WRINGLEY, C.W. **Identification of food-grain varieties**. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc. 1995. p. 19-34.