

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

PRODUÇÃO DE CERVEJA UTILIZANDO CEVADA COMO ADJUNTO DE MALTE

ROBERTO ABDALLAH CURI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

PRODUÇÃO DE CERVEJA UTILIZANDO CEVADA COMO ADJUNTO DE MALTE

ROBERTO ABDALLAH CURI

Orientador: Waldemar Gastoni Venturini Filho

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C975p Curi, Roberto Abdallah, 1975-
Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de
malte / Roberto Abdallah Curi. - Botucatu : [s.n.], 2006.
xi, 123 f. : il., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Facul-
dade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Waldemar Gastoni Venturini Filho
Inclui bibliografia

1. Cerveja. 2. Malte. 3. Bebidas fermentadas - Teor calo-
rico. 4. Cevada. 5. Xarope de milho. I. Venturini Filho,
Waldemar Gastoni. II. Universidade Estadual Paulista "Jú-
lio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de
Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PRODUÇÃO DE CERVEJA UTILIZANDO CERVADA COMO ADJUNTO
DE MALTE"

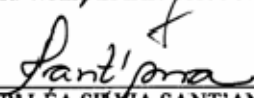
ALUNO: ROBERTO ABDALLAH CURI

ORIENTADOR: PROF. DR. WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO

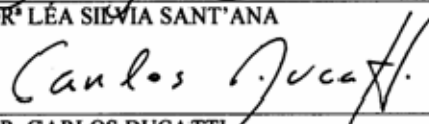
Aprovado pela Comissão Examinadora



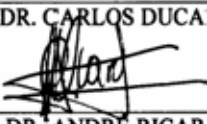
PROF. DR. WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO



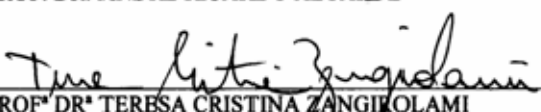
PROF. DR. LÉA SÍLVIA SANT'ANA



PROF. DR. CARLOS DUCATTI



PROF. DR. ANDRÉ RICARDO ALCARDE



PROF. DR. TERESA CRISTINA ZANGIOLAMI

Data da Realização: 04 de dezembro de 2006

A meus pais

Paulo e Marlene

exemplos de vida para os seus filhos

Ofereço

Aos meus irmãos

Rodrigo e Rogério

pela amizade em todos os momentos da minha vida

Dedico

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho e de forma particular:

À Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP – Universidade Estadual Paulista – Campus de Botucatu, pela oportunidade de realizar este trabalho;

Ao Prof. Dr. Waldemar G. Venturini Filho, pela amizade, confiança e orientação;

Ao Prof. Dr. Carlos Ducatti, pela amizade e orientação em algumas etapas deste trabalho;

Ao Meu pai e Professor Dr. Paulo Roberto Curi pela orientação nas análises estatísticas e pelas sugestões, sempre pertinentes, durante a elaboração da tese;

A Funcionária do Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários da FCA-UNESP – Botucatu: Maria Cecília dos Santos pelo auxílio em algumas análises deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Zacarias Xavier de Barros e a Rosângela Cristina Moreci pelo apoio recebido;

Aos amigos do Centro de Isótopos Estáveis Ambientais, Evandro, Silvia e Cibele, pelo auxílio na realização das análises isotópicas;

A todos que participaram da análise sensorial desta pesquisa;

As funcionárias da seção de pós-graduação da FCA;

Aos amigos do laboratório de bebidas, Muris, Élvio, Daniela, Vanessa, Andressa, Ricardo, Érica, Peterson, Suzana e Maíra;

Aos meus pais e irmãos, por serem as pessoas mais importantes da minha vida;

Aos meus eternos amigos César, Turco, Sujeira, Serrão, Xixi, Urso, André, Leandro e Iamundo pelos melhores momentos da minha vida;

A CAPES pela bolsa concedida;

À cervejaria Belco pelo fornecimento de lúpulo e levedura cervejeira;

À Malteria do Vale pelo fornecimento de malte e cevada;

À Corn Products International, pelo fornecimento de maltose de milho em pó.

Item	SUMÁRIO	Página
	SUMÁRIO.....	V
	LISTA DE TABELAS.....	VIII
	LISTA DE FIGURAS.....	XI
1.	RESUMO.....	1
2.	SUMMARY.....	3
3.	INTRODUÇÃO.....	5
4.	REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1.	Legislação brasileira.....	7
4.2.	Mercado.....	8
4.3.	Matérias primas cervejeiras.....	10
4.3.1.	Água.....	10
4.3.2.	Malte.....	11
4.3.3.	Lúpulo.....	12
4.3.4.	Adjuntos.....	12
4.3.4.1.	Cevada.....	14
4.3.5.	Levedura cervejeira.....	17
4.4.	Processo de produção de cerveja.....	17
4.4.1.	Moagem do malte.....	18
4.4.2.	Mosturação.....	18
4.4.3.	Filtração do mosto.....	20
4.4.4.	Fervura do mosto.....	20
4.4.5.	Tratamento do mosto.....	21
4.4.6.	Fermentação da cerveja.....	22
4.4.7.	Maturação da cerveja.....	22
4.4.8.	Clarificação da cerveja.....	23
4.4.9.	Pasteurização da cerveja.....	23
4.4.10.	Envasamento da cerveja.....	24
4.5.	Valor calórico da cerveja.....	24

4.6.	Isótopos estáveis.....	24
4.6.1.	Plantas do ciclo fotossintético C₃ e C₄.....	26
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5.1.	Material.....	27
5.1.1.	Produção da cerveja.....	27
5.2.	Métodos.....	28
5.2.1.	Planejamento experimental.....	28
5.2.2.	Elaboração das cervejas.....	29
5.2.3.	Produção dos padrões de referência da análise isotópica.....	35
5.2.4.	Análise físico-química.....	35
5.2.5.	Análise sensorial.....	36
5.2.6.	Análise calorimétrica.....	36
5.2.7.	Análise dos isótopos estáveis de ¹³C e ¹⁵N.....	37
5.2.8.	Análise estatística.....	38
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6.1.	Primeira fase.....	39
6.1.1.	Análises das matérias-primas.....	39
6.1.2.	Análises da mosturação.....	40
6.1.3.	Análises dos mostos.....	42
6.1.4.	Análises físico-químicas das cervejas.....	44
6.1.5.	Análise sensorial das cervejas.....	48
6.1.6.	Análise calorimétrica das cervejas.....	50
6.1.7.	Análise isotópica.....	51
6.1.7.1.	Análise das matérias-primas.....	51
6.1.7.2.	Análise das cervejas.....	52
6.2.	Segunda fase.....	54
6.2.1.	Análises das matérias-primas.....	54
6.2.2.	Análises da mosturação.....	55
6.2.3.	Análises dos mostos.....	57
6.2.4.	Análises físico-químicas das cervejas.....	59
6.2.5.	Análise sensorial das cervejas.....	62

6.2.6.	Análise calorimétrica das cervejas.....	64
6.2.7.	Análise isotópica.....	65
6.2.7.1.	Análise das matérias-primas.....	65
6.2.7.2.	Análise das cervejas.....	66
7.	CONCLUSÕES.....	69
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
	APÊNDICE.....	75

Tabela	LISTA DE TABELAS	Página
1.	Principais produtores mundiais de cerveja em 2004.....	9
2.	Consumo <i>per capita</i> médio de cerveja em alguns países.....	10
3.	Composição média do grão de cevada.....	15
4.	Composição média do endosperma do grão de cevada (g/100g).....	16
5.	Massa de extrato do malte, da cevada e da maltose de milho em pó, expressos em kg, utilizados na fabricação das cervejas, nos diferentes tratamentos, das fases 1 e 2.....	30
6.	Valores médios obtidos na análise de malte e cevada usados na fabricação das cervejas na fase 1.....	40
7.	Valores médios e desvios padrão de teor de extrato no mosto primário, massa de extrato recuperado no mosto misto, teor de extrato na torta ao final da filtração e rendimento da mosturação na fase 1.....	41
8.	Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.....	41
9.	Valores médios e desvios padrão de extrato, atenuação limite, fermentabilidade, pH, acidez total, cor e amargor nos mostos da fase1.....	43
10.	Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.....	43
11.	Valores médios e desvios padrão de álcool, extrato real, fermentabilidade real, extrato aparente, fermentabilidade aparente, pH, acidez total, cor, amargor, turbidez, espuma e CO ₂ nas cervejas da fase1.....	45
12.	Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.....	46
13.	Médias e desvios padrão dos valores obtidos no teste de escala hedônica das cervejas nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em cada bloco (B1, B2 e B3) na fase1. Médias dos tratamentos e médias dos blocos.....	49
14.	Resultados da análise estatística. Hipóteses testadas, estatísticas calculadas (F e p) e diferença mínima significativa (dms) para $\alpha=0,05$. Comentários.....	49

15. Médias e desvios padrão dos valores obtidos na análise calorimétrica das cervejas, expressos em kcal/L, nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em cada bloco (B1, B2 e B3) na fase1. Médias dos tratamentos.....	50
16. Resultado da análise estatística. Hipótese testada, estatísticas calculadas (F e p). Comentário.....	51
17. Valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nas amostras de malte e cevada utilizados na fabricação das cervejas na fase 1.....	51
18. Valores médios da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para as cervejas fabricadas na fase 1.....	53
19. Valores médios da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e as respectivas porcentagens de matéria-prima encontrada nas cervejas elaboradas na fase 1.....	54
20. Valores médios obtidos na análise de malte, cevada e maltose de milho em pó usado na fabricação das cervejas na fase 2.....	55
21. Valores médios e desvios padrão de teor de extrato no mosto primário, massa de extrato recuperado no mosto misto, teor de extrato na torta ao final da filtração e rendimento da mosturação na fase 2.....	56
22. Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.....	57
23. Valores médios e desvios padrão de extrato, atenuação limite, fermentabilidade, pH, acidez total, cor e amargor nos mostos da fase2.....	58
24. Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.....	58
25. Valores médios e desvios padrão de álcool, extrato real, fermentabilidade real, extrato aparente, fermentabilidade aparente, pH, acidez total, cor, amargor, turbidez, espuma e CO_2 nas cervejas da fase2.....	60
26. Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.....	61

27. Médias e desvios padrão dos valores obtidos no teste de escala hedônica das cervejas nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em cada bloco (B1, B2 e B3) na fase2. Médias dos tratamentos e médias dos blocos.....	63
28. Resultados da análise estatística. Hipóteses testadas, estatísticas calculadas (F e p) e diferença mínima significativa (dms) para $\alpha=0,05$. Comentários.....	63
29. Médias e desvios padrão dos valores obtidos na análise calorimétrica das cervejas, expressos em kcal/L, nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em cada bloco (B1, B2 e B3) na fase 2. Médias dos tratamentos.....	64
30. Resultado da análise estatística. Hipótese testada, estatísticas calculadas (F e p). Comentários.....	65
31. Valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nas amostras de malte, cevada e maltose de milho em pó utilizados na fabricação das cervejas na fase 2	65
32. Valores médios da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para as cervejas fabricadas na fase 2.....	67
33. Valores médios da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e as respectivas porcentagens de cada matéria-prima encontrada nas cervejas elaboradas na fase 2.....	68

Figura	LISTA DE FIGURAS	Página
1.	Mosturação. A – por infusão; B – por decocção de três fervuras.....	19
2.	Relação de tempo e temperatura na mosturação pelo processo de infusão para a cerveja puro malte.....	31
3.	Relação de tempo e temperatura na mosturação pelo processo de infusão de duas massas para a produção das cervejas com malte e cevada.....	32
4.	Fluxograma de processamento das cervejas do experimento.....	34
5.	Ficha fornecida para cada um dos provadores para análise sensorial das cervejas.....	123

1 – RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi produzir cervejas utilizando cevada como adjunto de malte e compará-las, quanto ao valor calórico, característica físico-química e sensorial, com cervejas puro malte (primeira fase), e com cervejas produzidas com 60% de malte/cevada e 40% de maltose de milho, usado como adjunto (segunda fase). Além disso, verificou-se a possibilidade de quantificar cada um dos adjuntos empregados na fabricação das bebidas, utilizando a metodologia de isótopos estáveis dos elementos químicos carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N). A pesquisa foi dividida em duas fases: a) produção de cerveja utilizando malte e cevada em diferentes proporções; b) produção de cerveja utilizando malte, cevada e maltose de milho, sendo que as bebidas foram elaboradas com diferentes quantidades de malte e cevada, porém foi fixada a proporção de maltose de milho. O mosto foi inoculado com levedura cervejeira de baixa fermentação. A fermentação transcorreu a 10°C e foi acompanhada com medições diárias até o valor de 1°Brix acima da atenuação limite. Quando atingiu esse valor, a cerveja foi engarrafada manualmente e levada ao *freezer* à temperatura de 0°C por 15 dias, para que ocorresse a maturação. A carbonatação ocorreu na própria garrafa, através da fermentação do açúcar residual presente na cerveja, por ação de leveduras remanescentes. No 16º dia, iniciaram-se as análises. Verificou-se que, com a utilização crescente de cevada como adjunto de malte, houve queda na intensidade da cor nos mostos e nas cervejas das fases 1 e 2. O tempo de retenção (estabilidade) da espuma aumentou nas cervejas formuladas com malte e cevada (fase1) e manteve-se igual para os tratamentos que

utilizaram malte, cevada e maltose de milho (fase2). A aceitabilidade das cervejas foi menor nas duas fases. A quantidade de calorias encontrada nas bebidas não foi influenciada em nenhuma das duas fases. Através da utilização da metodologia dos isótopos estáveis dos elementos químicos carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N), foi possível identificar e quantificar as fontes de carbono C_3 e C_4 utilizados na fabricação das bebidas. Este método não permitiu a identificação da cevada em relação ao malte.

BEER PRODUCTION BY USING BARLEY AS MALT ADJUNCT. Botucatu, 2006. 123p.

Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista).

Author: ROBERTO ABDALLAH CURI

Adviser: WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO

2 – SUMMARY

The aim of the present work was to produce beer by using barley as malt adjunct and to compare them, according to its caloric value, physical-chemical and sensorial characteristics, with pure malt beers (first phase), and with beers produced with 60% of malt/barley and 40% of corn maltose, used as an adjunct (second phase). Moreover, the possibility of measuring each one of the adjunct employed in the beverage production was checked, by using the stable isotopic methodology of carbon (^{13}C) and nitrogen (^{15}N) chemical elements. The research was divided into two phases: a) beer production by using malt and barley in different proportions; b) beer production by using malt, barley and corn maltose, having in mind that the beverages were elaborated with different amounts of malt and barley, however the proportion of corn maltose was established. The wort was inoculated with the lager yeast of bottom fermentation. The fermentation passed at 10°C and was followed up with daily measurements to the value of 1°Brix over the limit attenuation. When it reached this value, the beer was bottled by hand and placed in the freezer at the temperature of 0°C for 15 days, for to take place the maturation. The production of CO_2 occurred in the bottle, through the residual sugar fermentation present in the beer, by the action of the remaining yeast. In the 16TH day, the analyses were started. Was it verified that, with the increasing utilization of barley as a malt adjunct, there was a decrease of color intensity of worts and in the beers of phases 1 and 2. The time of retention (stability) of the foam increased in the beers which were

prescribed with malt and barley (phase 1) and remained equal to the treatments that used malt, barley and corn maltose (phase 2). The acceptability of beers was smaller in the two phases. The quantity of calories found in the beverages was not influenced in neither of the two phases. Through the use of the stable isotopic methodology of carbon (^{13}C) and nitrogen (^{15}N), it was possible to identify and to measuring the carbon sources C_3 and C_4 used in the production of the beverages. This method did not allow the identification of the barley in relation to the malt.

Keywords: beer, malt, adjunct, barley

3 – INTRODUÇÃO

O setor cervejeiro brasileiro é o mais importante do mercado sul-americano (COMBINACIÓN, 2005) e um dos maiores do mundo (BRASIL, 2005), apresentando crescimento constante na produção de cerveja. Entre os anos de 1994 e 2004 houve crescimento superior a 30%, passando de 6,5 bilhões para 8,5 bilhões de litros produzidos. Atualmente, o Brasil, é o quinto maior produtor mundial de cerveja e, nos últimos cinco anos, investiu mais de 3,0 bilhões de reais em novas plantas industriais, além de ampliações e modernizações em fábricas já existentes. O setor, também, emprega mais de 150 mil pessoas, entre postos diretos e indiretos de trabalho (SINDICERV, 2006a). As vendas no ano de 2003 chegaram a 7,95 bilhões de reais (IBGE, 2003).

As indústrias, de modo geral, procuram firmar-se no mercado cada vez mais exigente e competitivo, onde a busca por produtos de qualidade e com preço acessível é constante. O setor cervejeiro não foge à regra e uma das formas para reduzir os custos na fabricação de cerveja é a utilização de adjuntos, que proporcionam extrato mais barato, quando comparados ao malte (HOUGH, 1985).

A utilização de adjuntos na fabricação de cervejas é permitida por lei em vários países (VENTURINI FILHO, 2000), e são vários os tipos de matérias-primas e aditivos autorizados (ENGLMANN; MIEDANER, 2005).

A utilização da metodologia de isótopos estáveis dos elementos químicos carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N) permite quantificar, como por exemplo, malte (C_3) e

arroz (C_3) ou malte (C_3) e milho (C_4), presentes na formulação de determinadas cervejas, o que pode ser uma importante ferramenta no combate a possíveis fraudes, já que as análises convencionais realizadas em cerveja não quantificam a proporção de malte e de adjuntos empregados na sua formulação, dificultando a fiscalização e detecção de produtos fora dos padrões de identidade e qualidade exigidos por lei (SLEIMAN, 2006).

O objetivo do presente trabalho foi produzir cervejas utilizando cevada como adjunto de malte e compará-las, quanto ao valor energético, característica físico-química e sensorial, com cervejas puro malte (primeira fase) e com cervejas produzidas com 60% de malte/cevada e 40% de maltose de milho, usado como adjunto (segunda fase).

Verificou-se, também, a possibilidade de quantificar cada um dos adjuntos empregados na fabricação das bebidas, utilizando a metodologia dos isótopos estáveis dos elementos químicos carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N).

4 – REVISÃO DE LITERATURA

4.1 – Legislação brasileira

A legislação brasileira (BRASIL, 1997), define cerveja como sendo a bebida obtida pela fermentação alcoólica de mosto oriundo de malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo. Parte do malte de cevada poderá ser substituída por adjuntos (cevada, arroz, trigo, centeio, milho, aveia e sorgo, todos integrais, em flocos ou a sua parte amilácea) e por carboidratos de origem vegetal, transformados ou não.

As cervejas podem ser classificadas da seguinte forma:

- a)- quanto ao extrato primitivo: cerveja leve (apresenta extrato primitivo igual ou maior que 5,0% e menor que 10,5%, em peso), comum (extrato primitivo igual ou maior que 10,5% e menor que 12,5%, em peso), extra (extrato primitivo igual ou maior que 12,5% e menor que 14,0%, em peso) e forte (extrato primitivo maior que 14,0%, em peso);
- b)- quanto à cor: cerveja clara, quando possuir cor correspondente a menos de 20 unidades EBC (European Brewery Convention) e escura, quando possuir cor correspondente a 20 ou mais unidades EBC;
- c)- quanto ao teor alcoólico: cerveja sem álcool, quando seu conteúdo em álcool for inferior a 0,5%, em volume, e com álcool, quando seu conteúdo em álcool for igual ou superior a 0,5%, em volume;

d)- quanto à proporção de malte de cevada: cerveja puro malte, aquela que possuir 100% de malte de cevada, em peso, na base do extrato primitivo, como fonte de açúcares; cerveja, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior ou igual a 50%, em peso, na base do extrato primitivo, como fonte de açúcares; cerveja com o nome do vegetal predominante, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior do que 20 e menor que 50%, em peso, na base do extrato primitivo, como fonte de açúcares;

e)- quanto à fermentação: cerveja de alta fermentação, quando é obtida pela ação de levedura cervejeira que emerge à superfície do líquido no final do processo fermentativo e cerveja de baixa fermentação, quando é obtida pela ação de levedura cervejeira que decanta no fundo do fermentador no final do processo fermentativo (BRASIL, 1997).

A cerveja pode, também, ser denominada conforme o tipo: Pilsen, Export, Lager, Dortmunder, München, Bock, Malzbier, Ale, Stout, Porter, Weissbier, Ice e outras denominações internacionalmente reconhecidas que vierem a ser criadas, observadas as características do produto original (BRASIL, 1997).

4.2 – Mercado

O Sindicato Nacional da Indústria de Cervejas (SINDICERV, 2006a), menciona que, no mercado mundial de cerveja, o Brasil com uma produção de 8,5 bilhões de litros por ano só perde, em volume, para a China, Estados Unidos, Alemanha e Rússia, conforme é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais produtores mundiais de cerveja em 2004.

Países	Volume (bilhões de litros por ano)
China	27,0
Estados Unidos	23,6
Alemanha	10,5
Rússia	9,0
Brasil	8,5

Fonte: SINDICERV (2006a)

Almeida e Silva (2005) cita que o maior grupo cervejeiro do mundo é o belga-brasileiro (INBEV – resultado da fusão entre as cervejarias belga Inter Brev e a brasileira AmBev), com produção anual de 19,2 bilhões de litros de cerveja e fábricas espalhadas em 32 países. Tendo, ainda, duas de suas marcas entre as dez mais vendidas no ano de 2003 (WINTER, 2005).

O Estado de São Paulo é o maior consumidor de cerveja, com 27% do mercado brasileiro, sendo que 15% destes estão concentrados na capital (STELLA ARTOIS, 2005). O consumo na região sudeste gira em torno de 48,4 milhões de hL, representando 57,5% das vendas de cerveja do país (MERCADO, 2004).

O Brasil apresentou, no ano de 2004, consumo *per capita* médio de 47,6 litros de cerveja (SINDICERV, 2006a), inferior a países de clima temperado como República Checa, Alemanha, Estados Unidos e Japão, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo *per capita* médio de cerveja em alguns países.

Países	Volume (litros por ano por habitante)
República Checa	158,0
Alemanha	117,7
Reino Unido	101,5
Austrália	92,0
Estados Unidos	84,0
Espanha	78,3
Japão	56,0
México	50,0
Brasil	47,6

Fonte: Adaptado de SINDICERV (2006a).

O mercado brasileiro está fortemente sujeito à sazonalidade, com picos acentuados de consumo nos meses mais quentes (dezembro e janeiro) e quedas nos meses mais frios (junho e julho).

4.3 – Matérias-primas cervejeiras

4.3.1 – Água

Quantitativamente a água é a principal matéria-prima da cerveja, podendo atingir de 92 a 95% do seu peso no produto final. Por isso, as indústrias cervejeiras procuram se estabelecer em locais onde a composição da água seja de boa qualidade (RUSSEL; STEWART, 1995). Quando isso não ocorrer, a água poderá ser tratada por diferentes processos para atingir o padrão necessário para a fabricação da bebida (VARNAM; SUTHERLAND, 1997).

A água, ainda, deve ser potável, transparente, não possuir odor e estar livre de sabor estranho. Deve, também, apresentar alcalinidade de 50mg/L ou, preferencialmente, inferior a 25mg/L e possuir aproximadamente 50mg/L de cálcio (ALMEIDA E SILVA, 2005). Tschope (2001) menciona que as águas provenientes de tratamentos municipais ou, mesmo, de poços devem passar por análises regulares quanto aos critérios de composição e qualidade, anteriormente citados.

Além disso, a água deve apresentar características específicas para assegurar um pH desejável da mistura de malte e adjunto durante a mosturação, promover a extração dos princípios amargos e aromáticos do lúpulo, proporcionar boa coagulação do *trub* (material mucilaginoso) durante a fervura do mosto, permitir uma fermentação asséptica e desenvolver cor, aroma e sabor característicos do tipo de cerveja a ser fabricada (BERNSTEIN; WILLOX, 1977; VENTURINI FILHO, 2000).

4.3.2 – Malte

O malte é o produto da germinação das sementes de qualquer cereal (cevada, milho, trigo, entre outros) sob condições controladas. Almeida e Silva (2005) cita que o malte em cervejarias é obtido da cevada. Para Venturini Filho (2000), a cevada maltada confere sabor, odor e corpo característicos à cerveja. Ela é umedecida e germinada a fim de produzir enzimas, que serão utilizadas na conversão das matérias-primas em mosto cervejeiro (VENTURINI FILHO, 2000). Em seguida é seca e tostada e, após um período de repouso, é utilizada no processo de fabricação da cerveja. O tempo e a temperatura de secagem são rigorosamente controlados para se obter o malte ideal para cada tipo de cerveja. O amido presente no grão malteado de cevada encontra-se em cadeias menores, tornando-o menos duro e mais solúvel (SENAI, 1997).

O malte possui diferentes formas em relação ao tamanho e a coloração, para a produção de cerveja, influenciando no sabor, odor e na cor das bebidas. Hardwick (1995) cita que o malte usado para a fabricação das cervejas tipo Pilsen deve apresentar peso de 100 grãos em torno de 35,1 g, em base seca. Para Reinold (1995) o malte deve apresentar umidade entre 4 e 5%, extrato de no mínimo 80%, poder diastático mínimo de 350 WK (Windisch-Kolbach), pH entre 5,5 e 6,0, cor após fervura 6,0 a 7,5 EBC (European Brewery

Convention), proteína total no máximo de 11,5% e nitrogênio solúvel de 610 a 800mg/100g. O malte deve, ainda, fornecer casca que será utilizada como auxiliar de filtração na clarificação do mosto (VENTURINI FILHO, 1993).

4.3.3 – Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus*) pertence à família *Cannabinaceae*, sendo planta de difícil cultivo e típica de regiões frias. É dióica, ou seja, apresenta flores masculinas e femininas em indivíduos diferentes. Confere sabor amargo e aroma característico à cerveja. As glândulas de lupulina, ricas em resinas e óleos essenciais, presentes na flor feminina, é que conferem o amargor e o aroma, respectivamente à cerveja (CEREDA, 1983; HOUGH, 1985; SEIDL, 2003).

As resinas encontradas no lúpulo fresco são constituídas, principalmente, pelos ácidos alfa ou humulonas e pelos ácidos beta ou lupulonas. A fonte mais importante de amargor é conferida pelos ácidos alfa, enquanto que os ácidos beta interferem muito pouco no sabor da cerveja (HOUGH, 1985).

Grant (1977) menciona que o lúpulo atua, também, como anti-séptico apresentando efeito bacteriostático e contribui para a estabilidade do sabor e retenção de espuma na cerveja acabada.

O lúpulo é comercializado no mercado na forma de cones secos, em *pellets* e como extrato, sendo as duas últimas, as formas mais utilizadas devido à estabilidade por longos períodos e a riqueza em humulona, componente que confere o amargor (VENTURINI FILHO, 2000).

4.3.4 – Adjuntos

Os adjuntos podem ser definidos como produtos carboidratados não malteados de composição apropriada e propriedades que, benéficamente, complementam ou suplementam o malte na produção do mosto cervejeiro (ALMEIDA E SILVA, 2005).

O poder amilolítico do malte é que determina a quantidade de adjunto a ser utilizado na formulação da cerveja (VENTURINI FILHO, 1993). Qualquer planta que

contenha amido, teoricamente, pode ser utilizada como complemento. No caso dos cereais, que não devem ser malteados, é preciso considerar, principalmente, o valor econômico, a disponibilidade e o teor de amido (KUIPER et al., 2001).

Segundo Perpete e Collin (2000) cereais não malteados podem substituir o correspondente a 50% do peso de malte de cevada e para que ocorra uma perfeita hidrólise do amido desses adjuntos é necessário gelatinizá-los, previamente, para expô-los ao ataque das enzimas do malte. Para formulações com mais de 50% de adjunto amiláceo é necessária a utilização conjunta de enzimas industriais para complementar as já existentes no malte. Para Hough (1985), a quantidade de adjunto amiláceo a ser utilizada na formulação depende, também, do processo de mosturação empregado na fabricação da cerveja.

Bradee (1977) e Hough (1985) citam que os adjuntos são utilizados na fabricação de cerveja por razões econômicas, proporcionando extrato com menor custo, quando comparado ao malte. Essa vantagem é limitada pela quantidade do adjunto a ser utilizado (BRADEE, 1977). Segundo esse autor, o limite máximo de uso é determinado pela capacidade do malte utilizado fornecer nutrientes em quantidade suficiente para a levedura e para obtenção do sabor desejado da cerveja.

O adjunto, quando utilizado em excesso, pode causar alguns problemas, tais como, mosto com baixo teor de nitrogênio, prejudicando o metabolismo da levedura; elevada viscosidade, retardando a filtração; e cerveja “aguada” e com baixa qualidade de espuma (BRADEE, 1977).

Os adjuntos são classificados em amiláceos e açucarados, conforme o tipo de carboidrato que predomina em sua composição. Os exemplos mais comuns de adjuntos amiláceos são o arroz, o milho, a cevada, o trigo e o sorgo, enquanto que o xarope de maltose (oriundo principalmente de milho) é um exemplo de adjunto açucarado (VENTURINI FILHO, 2000).

A utilização dos adjuntos açucarados tem algumas vantagens, tais como, o controle da fermentabilidade do mosto, diminuição do tempo de mosturação, aumento da produção, redução de custos na sala de brassagem, economia de espaço físico, mostos e cervejas mais uniformes e, em alguns casos, diminuição do tempo de fermentação (BRADEE, 1977).

O uso de adjunto melhora a estabilidade físico-química da cerveja, reduzindo a sua turvação (POLLOCK, 1979). É, também, responsável por conferir à cerveja cor mais clara, corpo mais leve, sabor e aroma mais “delicado”, uma vez que, com seu uso, ocorre redução das concentrações de sólidos solúveis do malte (HOUGH, 1985; LEWIS; YOUNG, 1995; VENTURINI FILHO, 2000).

4.3.4.1 – Cevada

A cevada é uma gramínea pertencente ao gênero *Hordeum*, cujos grãos na espiga são alinhados em duas ou seis fileiras. Essa diferença não é apenas morfológica. A cevada de seis fileiras, quando comparada a de duas, apresenta menor teor de amido, maior riqueza protéica, seus grãos são menos uniformes e possuem cascas mais grossa. Portanto, a cevada de seis fileiras pode apresentar alguma dificuldade na produção de malte e na moagem dos grãos na cervejaria, menor rendimento na mosturação, mas, por outro lado, facilita a filtração do mosto e aceita maior proporção de adjunto na formulação da cerveja (VENTURINI FILHO, 2000).

A composição química dos cultivares cervejeiros segue estritos parâmetros de qualidade quanto a variedade, tamanho, conteúdo protéico e potencial de modificação. Devem, ainda, apresentar altos teores de amido para aumentar o rendimento da produção da bebida (BAMFORTH; BARCLAY, 1993).

A produção de cevada concentra-se na região Sul do país, porém ocorrem áreas de cultivo no centro-oeste e em algumas regiões do estado de São Paulo (CATI, 2005). O Brasil possui potencial para ser auto-suficiente na produção de cevada (BORGES, 2004). Para tanto, seria necessário passar dos 136 mil hectares cultivados para, aproximadamente, 700 mil hectares (FISPAL, 2004).

A composição média do grão de cevada está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição média do grão de cevada.

Características	Cevada
Massa do grão (mg)	32-36
Umidade (%)	10-14
Amido (%)	55-60
Açúcares (%)	0,5-1,0
Nitrogênio total (%)	1,8-2,3
N_{solúvel} / N_{total} (%)	10-12
Poder diastático (°Lintner)	50-60
α-amilase (DU)	traços

Fonte: Cereda, 1983.

No grão de cevada, o amido é constituído, em média, de 30% de amilose, que é uma fração solúvel em água e 70% de amilopectina, que é insolúvel (CEREDA, 1983). Ambas as frações correspondem a carboidratos de peso molecular elevado. Por tratamento ácido ou pela ação de enzimas, os componentes do amido se hidrolisam lentamente, originando dextrina (mescla de polissacarídeos de baixo peso molecular), maltose e glicose (MORRISON; BOYD, 1990).

Na Tabela 4 está apresentado a composição média do endosperma do grão de cevada.

Tabela 4 – Composição média do endosperma do grão de cevada (g/100g).

Componentes	Teores na matéria seca
Amido	63,0-65,0
Sacarose	1,0-2,0
Outros açúcares	1,0
Hemicelulose	8,0-10,0
Lipídios	2,0-3,0
Proteínas	8,0-13,0
Cinzas	2,0-2,5
Outros	5,0-6,0

Fonte: Cereda, 1983.

As paredes do endosperma são fontes de beta-glucanos, polímeros que conferem viscosidade ao mosto e a cerveja, dificultando a sua filtração (VENTURINI FILHO, 2000).

Algumas cervejarias usam uma mistura de malte e cevada não maltada para fabricação de cerveja. Com menos de 30% de cevada, as enzimas do malte podem ser suficientes para degradar o amido e a proteína durante o processo de mosturação (HOUGH, 1985). Moll (1995) menciona que cevada não maltada pode ser empregada para até 50% do malte total, mas normalmente não é utilizado mais do que 10 a 15%, já que, quantidades maiores podem contribuir com sabor de cereal, ligeiramente, desagradável na cerveja.

Quando se utiliza cevada para fabricação da cerveja, é necessário completar as enzimas existentes no malte com enzimas industriais de origem microbiana, tais como, β -glucanase e α -amilase (HOUGH, 1985).

Stewart (1995) cita que ao contrário de outros adjuntos, cevada não maltada contribui para retenção de espuma na cerveja por causa dos níveis de proteólise mais baixos. Ainda, segundo o autor, a utilização de cevada provoca diminuição na intensidade da cor do mosto e da cerveja.

A cevada não maltada pode ser moída a seco ou com água. Posteriormente, é misturada com malte e enzimas comerciais e então é submetida ao processo de mosturação (HOUGH, 1985).

4.3.5 – Levedura cervejeira

As leveduras utilizadas na produção da cerveja pertencem ao gênero *Saccharomyces* e estão distribuídas na espécie *S. cerevisiae*, sendo responsáveis pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, metabolizando os açúcares fermentescíveis para produzir álcool, gás carbônico, energia na forma de ATP e calor.

Hough (1985) menciona que as leveduras são classificadas de acordo com seu comportamento durante o processo fermentativo, podendo decantar ao fundo do fermentador, ou flotar na superfície do mosto ao final da fermentação. A denominação comumente usada no meio cervejeiro para designar seu comportamento é, respectivamente, de baixa fermentação (*bottom*) ou alta fermentação (*top*) segundo citam Russel (1995), Reinold (1997) e Venturini Filho (2000).

As características de sabor e aroma de qualquer cerveja são determinadas, principalmente, pelo tipo de levedura utilizado (ALMEIDA E SILVA, 2005).

4.4 – Processo de produção de cerveja

O processamento industrial de cerveja pode ser dividido em oito operações essenciais: moagem do malte; mosturação ou tratamento enzimático do mosto; filtração; fervura; tratamento do mosto (remoção do precipitado, resfriamento e aeração); fermentação; maturação e clarificação (ALMEIDA E SILVA, 2005). Venturini Filho (2000) cita, ainda, como parte do processo a pasteurização e o envasamento das bebidas.

4.4.1 – Moagem do malte

Essa etapa tem grande importância, pois influencia diretamente na rapidez das transformações físico-químicas, no rendimento, na clarificação e na qualidade do produto final (REINOLD, 1997).

A moagem do malte consiste em triturar o grão, que tem a sua casca rasgada longitudinalmente, deixando exposto o endosperma amiláceo, facilitando a ação enzimática durante a mosturação. Essa moagem deve, ainda, produzir uma quantidade mínima de farinha com granulometria muito fina (ALMEIDA E SILVA, 2005). As cascas do malte moído serão utilizadas como camada filtrante para posterior filtração do mosto.

A moagem pode ser a seco em moinhos de rolos, discos ou martelos ou moagem úmida em moinhos de rolos (VENTURINI FILHO, 2000). O número de rolos dos moinhos varia de dois a seis, de acordo com a necessidade de cada cervejaria industrial e microcervejaria.

4.4.2 – Mosturação

O processo de transformação das matérias-primas cervejeiras (água, malte, adjunto e lúpulo) em mosto denomina-se mosturação. O seu objetivo é recuperar, no mosto, a maior quantidade possível de extrato a partir do malte ou da mistura de malte e adjuntos (VENTURINI FILHO, 2000).

A ação das enzimas produz mosto com aproximadamente 70 a 80% de carboidratos fermentescíveis, entre eles, glicose, maltose e maltotriose (STEWART, 2000).

A maioria dos processos de mosturação pode ser classificada como de infusão (figura 1A) ou decocção (figura 1B), sendo que o segundo não é utilizado no Brasil.

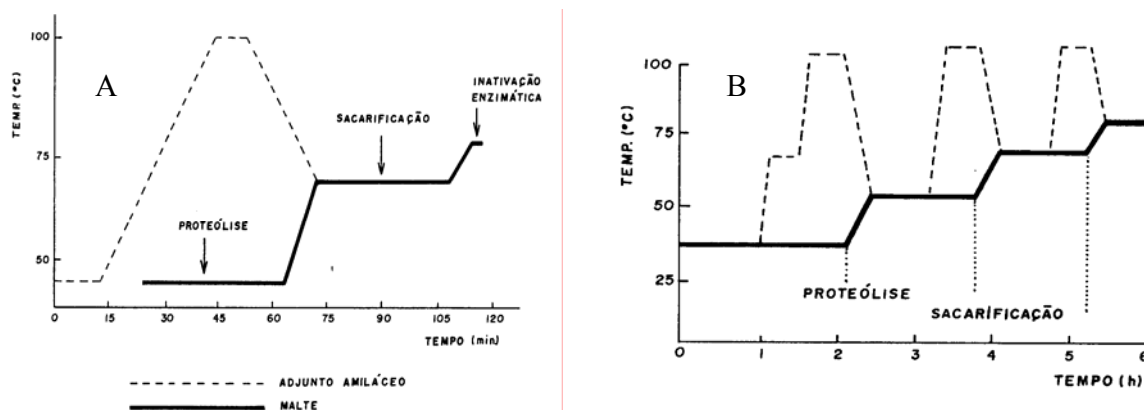


Figura 1: Mosturação. A – por infusão; B – por decocção de três fervuras.

Fonte: Venturini Filho (2000).

Nos países que utilizam adjunto amiláceo, como é o caso do Brasil, a mosturação por infusão é feita com o uso de dois tanques para a produção do mosto cervejeiro. No tanque denominado “cozedor de cereal”, ocorre adição de uma pequena quantidade de malte moído em água (38-50°C), permanecendo em maceração por até 30 minutos. Em seguida adiciona-se o adjunto amiláceo sob agitação e eleva-se a temperatura da massa até a ebulição na taxa de 1°C por minuto. Durante a elevação da temperatura haverá a gomificação da fração amilácea do adjunto e, posteriormente, ocorrerá liquefação da goma, pela atuação da enzima alfa-amilase do malte. Após o período de fervura, que varia de 5 a 45 minutos, essa mistura (adjunto/malte/água) é transferida para a tina de mosturação. Neste tanque, o malte moído é inicialmente adicionado em água (38-50°C) e deixado em maceração por até 30 minutos. Com o final da maceração, a mistura do adjunto é transferida do cozedor de cereal para a tina de mostura, onde se encontra a massa de malte, ocorrendo elevação da sua temperatura até 70-73°C, na velocidade de 1°C por minuto. A velocidade de elevação da temperatura bem como o seu valor final (temperatura de sacarificação ou conversão), determinam a proporção de maltose e dextrina no mosto. Quando se usa adjunto açucarado, a fase do cozedor de cereal é suprimida, sendo que esse adjunto entra no processo durante a fervura do mosto (VENTURINI FILHO, 2000).

No processo por decocção de três fervuras, o malte moído é misturado com água quente no interior de um tanque chamado “mosturador”, permanecendo em repouso a 40°C por 2 horas, para que ocorra a ativação das enzimas do malte. Ao final da primeira hora,

um terço da mistura é enviada para uma caldeira, onde será fervida por 30 minutos. O material fervido retorna ao mosturador elevando a temperatura da mistura para 52-54°C, ótima para a atividade das enzimas proteolíticas. Após um breve período nessa temperatura, repete-se a operação por mais duas vezes, fazendo a temperatura da mistura atingir 65°C, ótima para a atividade das amilases, e 73-76°C, ótima para a filtração do mosto (VENTURINI FILHO, 2000).

4.4.3 – Filtração do mosto

A filtração tem por objetivo separar o mosto clarificado do bagaço de malte ou torta, que constitui o meio filtrante. Essa filtração é normalmente feita em duas etapas. Na primeira, a fração líquida simplesmente atravessa o leito filtrante, dando origem ao mosto primário. Na segunda etapa, o resíduo sólido é lavado com água a 75°C, visando a recuperação do extrato que fica retido na torta de filtro e, conseqüentemente, elevando o rendimento do processo.

A filtração é realizada na tina de filtração, construída em aço inoxidável contendo agitador, disco filtrante com ranhuras, bomba centrífuga e isolamento térmico (ALMEIDA E SILVA, 2005).

Nos casos em que o malte é triturado em moinho de martelo a filtração do mosto é realizada em filtro prensa.

4.4.4 – Fervura do mosto

A fervura tem por objetivo conferir estabilidade biológica, bioquímica e coloidal ao mosto. Além disso, nessa etapa há o desenvolvimento de cor, aroma e sabor, bem como aumento da concentração de extrato.

É nessa etapa do processo que são adicionados o lúpulo e o adjunto (quando for usado) na forma de açúcar (xarope ou cristalizado).

Durante a fervura, a flora microbiana, ainda presente no mosto, é destruída. O pH ácido e as substâncias extraídas do lúpulo durante esta fase contribuem para a esterilização do mosto.

A fervura do mosto é realizada no fervedor ou tina de fervura, equipamento construído em aço inox, com sistema de aquecimento por camisas e isolamento térmico (ALMEIDA E SILVA, 2005).

Venturini Filho (2000) menciona que, sob pressão atmosférica, a fervura deve durar de 60 a 120 minutos e, para Reinold (1997), o tempo não deve superar 150 minutos.

4.4.5 – Tratamento do mosto

Após a fervura do mosto, este deve passar por etapas de retirada do precipitado (*trub*), resfriamento e aeração.

O mosto é bombeado tangencialmente à parede interna do tanque (*whirlpool*) provocando um movimento que faz com que as partículas sólidas de maior massa, principalmente resinas do lúpulo, proteínas coaguladas e taninos do malte sejam depositados no centro do fundo cônico do tanque e separados do mosto límpido (ALMEIDA E SILVA, 2005).

Após a retirada do *trub* o mosto é resfriado, passando de uma temperatura de aproximadamente 100°C para aquela adequada à inoculação do fermento, entre 6°C a 15°C. Nessa operação, o trocador de calor de placas é o mais utilizado pelas cervejarias e apresentam dois estágios: resfriamento com água fria e resfriamento com solução de etanol ou água gelada (REINOLD, 1997).

A aeração do mosto é essencial para o crescimento da levedura cervejeira no início do processo fermentativo. O oxigênio é requerido pelas leveduras no processo de respiração celular e para a síntese de ácidos graxos insaturados e esteróis, componentes das membranas intracelulares (VENTURINI FILHO, 2000). Ar esterilizado ou oxigênio é injetado diretamente na tubulação por onde o mosto é bombeado para os fermentadores. A quantidade máxima de oxigênio utilizado é de 9mg de O₂ por litro de mosto (TSCHOPE, 2001).

4.4.6 – Fermentação da cerveja

Esta etapa consiste na decomposição dos açúcares fermentescíveis do mosto em álcool e gás carbônico pela ação da levedura cervejeira sob condições anaeróbicas, além da produção de compostos de aroma e sabor da cerveja como subprodutos da síntese de substâncias necessárias ao seu crescimento e metabolismo (MUNROE, 1994; ALMEIDA E SILVA, 2005).

A fermentação da cerveja pode ser feita por processos contínuos ou descontínuos (“batelada”), sendo este último mais utilizado (VENTURINI FILHO, 2000).

No processo de batelada, a natureza da levedura determina o tipo de fermentação: alta ou baixa. Esses termos indicam o comportamento da levedura durante o processo fermentativo. Dessa forma, as leveduras de alta fermentação sobem à superfície do mosto e as de baixa decantam no fundo do fermentador no transcorrer da fermentação (VENTURINI FILHO, 1993).

Knudsen (1977) menciona que a temperatura ideal para as cervejas de baixa fermentação é de 8 a 11°C. Sendo que esse processo tem a duração de cinco a sete dias (REINOLD, 1997).

Este processo é realizado em fermentador com controlador e indicador de temperatura e manômetro para indicação da pressão interna, devido à formação do CO₂ (ALMEIDA E SILVA, 2005).

4.4.7 – Maturação da cerveja

O processo de fermentação da cerveja pode ser dividido em duas fases distintas. A primeira é denominada fermentação primária (vista no item anterior) e a segunda é chamada fermentação secundária e está relacionada ao período de maturação da cerveja, onde após a fermentação primária o extrato fermentável residual da cerveja continua a ser lentamente metabolizado. O processo de maturação continua mesmo depois do término da fermentação secundária (VENTURINI FILHO, 2000).

A maturação tem por objetivos refinar o sabor da cerveja pela redução do teor de diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico, carbonatar parcialmente o produto, evitar a

ocorrência de oxidações que comprometam sensorialmente a bebida e clarificar o líquido através da deposição do fermento, proteínas e sólidos insolúveis.

Venturini Filho (2000) cita que a maturação é conduzida em baixa temperatura, normalmente 0°C, por um período que varia de duas a quatro semanas.

4.4.8 – Clarificação da cerveja

Esta operação visa eliminar partículas em suspensão, principalmente células de fermento, bactérias e substâncias coloidais, deixando a bebida transparente, com maior estabilidade físico-química e brilhante. A filtração não altera a composição e o sabor da cerveja, mas é fundamental para garantir sua apresentação.

Os tipos de filtros mais utilizados pelas cervejarias são os de terra de diatomácea, que podem ser constituídos de folhas verticais ou horizontais (VENTURINI FILHO, 2000).

Já existem filtros de membrana que clarificam e esterilizam a cerveja, podendo inclusive substituir o processo de pasteurização (ALMEIDA E SILVA, 2005).

4.4.9 – Pasteurização da cerveja

A finalidade da pasteurização é conferir estabilidade biológica mediante a destruição dos microorganismos que deterioram a cerveja (REINOLD, 1997).

A cerveja pode ser pasteurizada antes (*flash* pasteurização) ou depois (túnel de pasteurização) do seu envasamento (VENTURINI FILHO, 2000).

Venturini Filho (2000) define, ainda, unidades de pasteurização (UP) como o efeito de morte microbiológica quando a cerveja é aquecida a 60°C por 1 minuto, sendo necessárias 15 a 20UP num pasteurizador de túnel e 40 a 60UP num *flash* pasteurizador. Para Reinold (1997) 13,7UP são necessárias para se atingir uma pasteurização eficiente.

4.4.10 – Envasamento da cerveja

O chope, que é a cerveja não pasteurizada, pode ser armazenado em barris de madeira, alumínio e aço inoxidável e a cerveja, que é o chope pasteurizado, pode ser acondicionada em garrafas e latas (ALMEIDA E SILVA, 2005).

4.5 – Valor calórico da cerveja

Uma caloria é o calor trocado quando a massa de 1g de água passa de 14,5°C para 15,5°C. Quando o termo caloria é usado para se referir ao valor energético dos alimentos, isto significa a quantidade de calor necessária para elevar em 1°C a temperatura de 1 kg (equivalente a 1L) de água. O correto neste caso seria utilizar quilocaloria (kcal), porém o uso constante em nutrição fez com que se modificasse a medida. Assim, quando se diz que uma pessoa precisa de 2.500 calorias, na verdade são 2.500.000 calorias que corresponde a 2.500 kcal.

Um *Joule* é o trabalho necessário para exercer a força de um *Newton* pela distância de um metro. Esta unidade é utilizada pelo Sistema Internacional de Medidas como unidade oficial para expressar as grandezas de trabalho, energia ou quantidade de calor.

Embora o valor energético ou calórico dos alimentos seja expresso em calorias, o *Joule* (J) é a medida utilizada pelo Sistema Internacional. Uma caloria corresponde a 4,1868J (QUEIROZ, 2005).

O valor energético da cerveja pode variar de 400 kcal/L (SINDICERV, 2006b) a 450 kcal/L (TSCHOPE, 2001). Já Vannuchi et al. (2001) e Almeida e Silva (2005) citam valores aproximados de 420 e 430 kcal/L, respectivamente.

4.6 – Isótopos estáveis

O termo “isótopo” originou-se do grego (*ISO* = mesmo, igual e *TOPOS* = lugar) e significa dizer que isótopos ocupam a mesma posição na tabela periódica (KELLY, 2003). A expressão “estável” significa que não emitem radiação.

Os isótopos são átomos do mesmo elemento químico, com mesmo número de prótons e número de massa diferente (prótons e nêutrons), o que significa dizer que apresentam propriedades químicas iguais e físicas diferentes (BOUTTON, 1991).

Os isótopos estáveis do carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre ocorrem naturalmente. Cada elemento apresenta um isótopo leve dominante: carbono - 12 (^{12}C), hidrogênio - 1 (^1H), oxigênio - 16 (^{16}O), nitrogênio - 14 (^{14}N) e enxofre - 32 (^{32}S), e um ou mais isótopos pesados: carbono - 13 (^{13}C), hidrogênio - 2 (^2H), oxigênio - 17 (^{17}O), oxigênio - 18 (^{18}O), nitrogênio - 15 (^{15}N), enxofre - 33 (^{33}S), enxofre - 34 (^{34}S) e enxofre - 36 (^{36}S).

A análise isotópica é expressa na terminologia *delta* (δ), que compara o valor da razão de isótopos (pesados/leves) da amostra em relação a um padrão internacional pré-estabelecido, conforme a equação (1).

$$\delta(\text{amostra}, \text{padrão}) = \left(\frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) * 1000 \quad (1)$$

Na equação (1), a simbologia adimensional empregada significa:

$\delta(\text{amostra}, \text{padrão})$ = enriquecimento isotópico da amostra em relação ao padrão;

R_{amostra} = razão isotópica de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, etc. da amostra;

$R_{\text{padrão}}$ = razão isotópica de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, etc. do padrão.

A variação da razão isotópica do carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) e dos demais isótopos estáveis dos elementos químicos nitrogênio, oxigênio, hidrogênio e enxofre podem ser medidos com precisão através de espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS). O uso da espectrometria de massa para análise das variações naturais, dos elementos químicos, admite erro de 0,2 ‰ para carbono e 0,3 ‰ para nitrogênio (DUCATTI et al., 1979).

O método de isótopos estáveis é reconhecido oficialmente por instituições como a *European Commission for Normalization (ECN)* e *Association of Official*

Analytical Chemists (AOAC), como procedimento científico para variações das razões isotópicas em substâncias naturais.

A utilização do método de isótopos estáveis possibilita verificar a origem geográfica de sucos de frutas, vinhos, destilados e cervejas (ROSSMANN, 2001). É possível, também, atestar a autenticidade dessas bebidas (SUHAJ; KOVAC, 1999).

Os valores isotópicos encontrados na matéria-prima são semelhantes aos dos respectivos produtos industrializados, o que possibilita detectar adulteração fraudulenta em vários produtos industrializados, entre os quais, a cerveja (WINKLER; SCHMIDT, 1980).

4.6.1 – Plantas do ciclo fotossintético C₃ e C₄

Nos vegetais, as duas principais vias bioquímicas para a fixação de carbono são o ciclo fotossintético de Calvin – Benson, denominado C₃ (cevada, arroz, trigo, etc.) e o ciclo fotossintético de Hatch – Slack, denominado C₄ (milho, cana-de-açúcar, sorgo, etc.). Esses dois grupos de plantas (C₃ e C₄) são de interesse para o setor cervejeiro.

Durante o processo de produção de carboidratos, o carbono do CO₂ sofre um fracionamento isotópico, provocando diminuição da concentração de ¹³C e aumento da concentração de ¹²C. Sendo assim, as plantas de ciclo fotossintético C₃ apresentam valor do enriquecimento relativo ($\delta^{13}\text{C}$) numa faixa que varia de -32‰ a -22‰, com média de -27‰ e as plantas C₄ apresentam uma variação de -17‰ a -9‰, com média de -11‰ (VOGEL, 1993).

Essa diferença no enriquecimento relativo ($\delta^{13}\text{C}$) também é encontrada nos produtos derivados dessas plantas (C₃ e C₄), sendo possível, assim, determinar com precisão a origem botânica do carbono nesses produtos (ROSSMANN, 2001).

5 – MATERIAL E MÉTODOS

A fabricação das cervejas, dos fermentados (para a obtenção dos padrões de referência para análise isotópica) e as análises físico-químicas e sensoriais foram realizadas no Laboratório de Bebidas, do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA). O valor energético das bebidas foi determinado no Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, pertencente ao mesmo Departamento. A análise isotópica foi realizada no Centro de Isótopos Estáveis Ambientais do Instituto de Biociências (IB), todos pertencentes à UNESP, Campus de Botucatu.

5.1 – Material

5.1.1 – Produção da cerveja

As matérias-primas utilizadas na produção da cerveja foram:

- **Água**, da rede pública filtrada em dois filtros de carvão ativo;
- **Malte de cevada**, adquirido através de doação feita pela MALTERIA DO VALE S/A., em sacos de 50kg;

- **Cevada**, não maltada, adquirida, também, na MALTERIA DO VALE S/A., em sacos de 50kg;
- **Maltose de milho em pó** (MOR-REX 1557), fornecido por CORN PRODUCTS INTERNATIONAL, em sacos de 25kg;
- **Lúpulo**, na forma de péletes, adquirido em cervejaria industrial.

Como fermento cervejeiro, foi utilizada levedura de baixa fermentação da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, coletada em fermentadores industriais contendo cerveja em processo de maturação.

5.2 – Métodos

5.2.1 – Planejamento experimental

- **Fase 1** – Produção de cerveja utilizando malte e cevada.

Foram fabricadas cervejas com diferentes quantidades de malte e cevada. As bebidas foram elaboradas de acordo com os seguintes tratamentos:

Tratamento 1 – cerveja elaborada com 100% de malte;

Tratamento 2 – cerveja elaborada com 80% de malte e 20% de cevada;

Tratamento 3 – cerveja elaborada com 60% de malte e 40% de cevada;

Tratamento 4 – cerveja elaborada com 50% de malte e 50% de cevada.

- **Fase 2** – Produção de cerveja utilizando malte, cevada e maltose de milho em pó.

As cervejas foram elaboradas com diferentes quantidades de malte e cevada, porém foi fixada a proporção de maltose de milho em pó, conforme os tratamentos a seguir:

Tratamento 1 – cerveja elaborada com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó;

Tratamento 2 – cerveja elaborada com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó;

Tratamento 3 – cerveja elaborada com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó;

Tratamento 4 – cerveja elaborada com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

O ensaio, tanto na fase 1 como na fase 2, foi realizado com cervejas distribuídas em três blocos com os quatro tratamentos anteriormente especificados. Cada bloco referiu-se a semanas diferentes de fabricação das cervejas.

5.2.2 – Elaboração das cervejas

As quantidades das matérias-primas malte, cevada e maltose de milho em pó utilizadas na produção das cervejas nas fases 1 e 2, estão apresentados na Tabela 5. Foram utilizados, ainda, 32kg de água em cada fabricação. Sendo 12kg na mosturação e 20kg para a lavagem do bagaço (torta de filtro).

Tabela 5 – Massa de extrato do malte, da cevada e da maltose de milho em pó, expressos em kg, utilizados na fabricação das cervejas, nos diferentes tratamentos, das fases 1 e 2.

Tratamento/Fase	Malte	Cevada	Maltose de Milho em Pó
T1F1	4,0	-----	-----
T2F1	3,2	0,8	-----
T3F1	2,4	1,6	-----
T4F1	2,0	2,0	-----
T1F2	2,4	-----	1,6
T2F2	2,0	0,4	1,6
T3F2	1,6	0,8	1,6
T4F2	1,2	1,2	1,6

T1F1- Cervejas elaboradas com 100% de malte; T2F1- Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; T3F1- Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; T4F1- Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada; T1F2- Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2F2- Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3F2- Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4F2- Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

O malte utilizado nos tratamentos, tanto da fase 1 como da fase 2, foi triturado em moinho de dois rolos, a seco. Para a produção das cervejas puro malte, foi adicionada água ao malte moído e mosturado pelo processo de infusão, conforme a Figura 1.

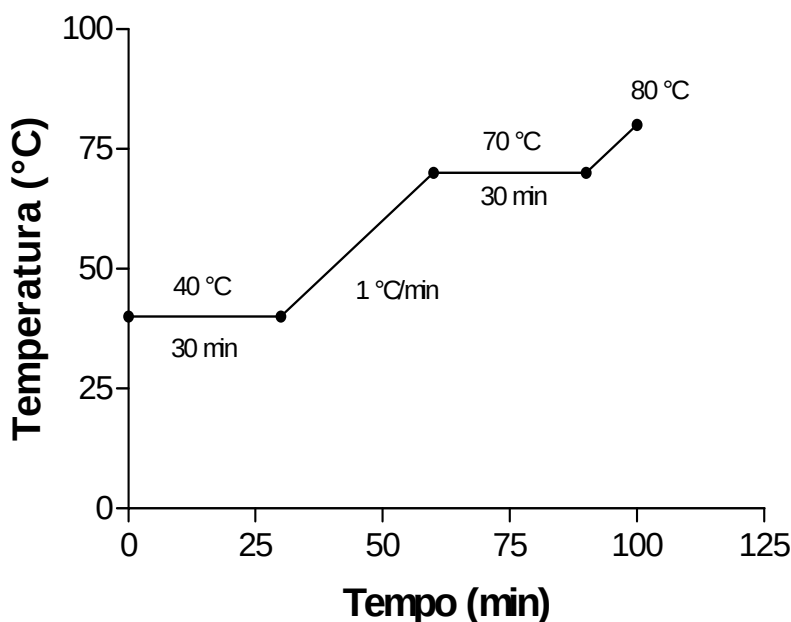


Figura 2: Relação de tempo e temperatura na mosturação pelo processo de infusão para a cerveja puro malte.

Com o término do processo de mosturação, realizou-se o teste do iodo, para confirmação da sacarificação do amido. O mosto foi, então, separado do bagaço de malte através de filtração convencional sob pressão atmosférica, usando o próprio bagaço de malte (torta) como elemento filtrante. Após a filtração do mosto primário, a torta foi lavada com água à temperatura de 80°C, em três etapas de 20 minutos cada, obtendo, assim, o mosto misto. Neste ponto calculou-se a massa de extrato recuperado, para posterior obtenção do rendimento da mosturação. Com o final da filtração, o mosto foi fervido por 60 minutos, sendo que 30 minutos após o início da fervura, foi adicionado o lúpulo em péletes. Terminada a fervura, realizou-se o *whirlpool*, durante 5 minutos. Após esse período ocorreu repouso de mais 60 minutos para a retirada do *trub* por decantação.

O mosto clarificado foi, então, transferido para o tanque fermentador e resfriado a temperatura de 10°C. Quando o mosto atingiu essa temperatura, seu teor de extrato foi corrigido para 12°Brix com adição de água e foi retirada amostra para as análises físico-químicas. Posteriormente, o mosto foi inoculado com levedura cervejeira (centrifugada) na proporção de 1% m/m e iniciou-se o processo de fermentação.

A fermentação foi acompanhada com medições diárias até o valor de 1°Brix acima da atenuação limite. Quando atingiu esse valor, a cerveja foi engarrafada manualmente em garrafas com capacidade de 600mL, que foram levadas ao *freezer* a temperatura de 0°C por 15 dias, para que ocorresse a maturação. A carbonatação ocorreu na própria garrafa, através da fermentação do açúcar residual presente na cerveja, por ação de leveduras remanescentes. No 16° dia, iniciaram-se as análises.

Nos tratamentos em que a cevada foi usada como adjunto, a mosturação foi realizada pelo processo de infusão de duas massas, conforme a Figura 3.

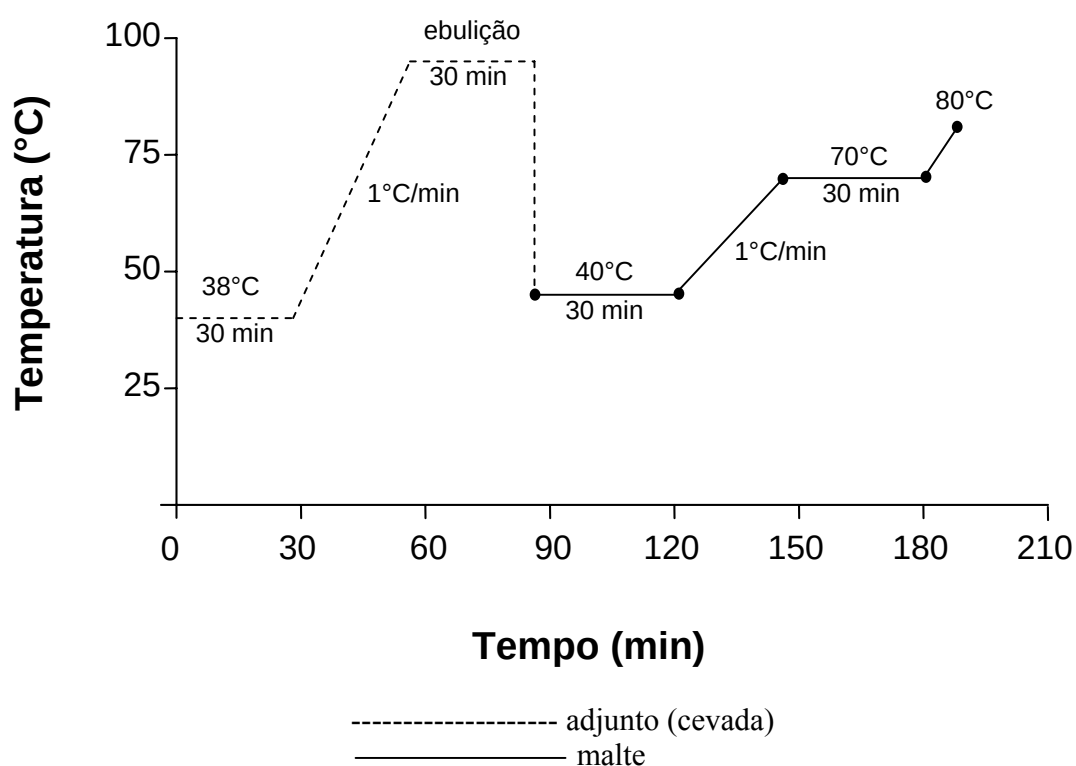


Figura 3: Relação de tempo e temperatura na mosturação pelo processo de infusão de duas massas para a produção das cervejas com malte e cevada.

Foram utilizados dois tanques para a produção do mosto cervejeiro. No tanque denominado “cozedor de cereal”, ocorreu a adição de pequena quantidade de malte moído (10% em relação a massa do adjunto) em água a 38°C, permanecendo em maceração

durante 30 minutos. Em seguida adicionou-se a cevada e elevou-se a temperatura da massa até a ebulição, que foi mantida por mais 30 minutos. Após o período de fervura essa mistura (adjunto/malte/água) foi transferida para a tina de mosturação com o restante do malte e mosturada como descrito anteriormente.

Quando da utilização de maltose de milho em pó, esta foi diluída em água à temperatura ambiente e introduzida no processo na etapa de fervura do mosto.

O fluxograma para elaboração das cervejas do experimento está apresentado na figura 4.

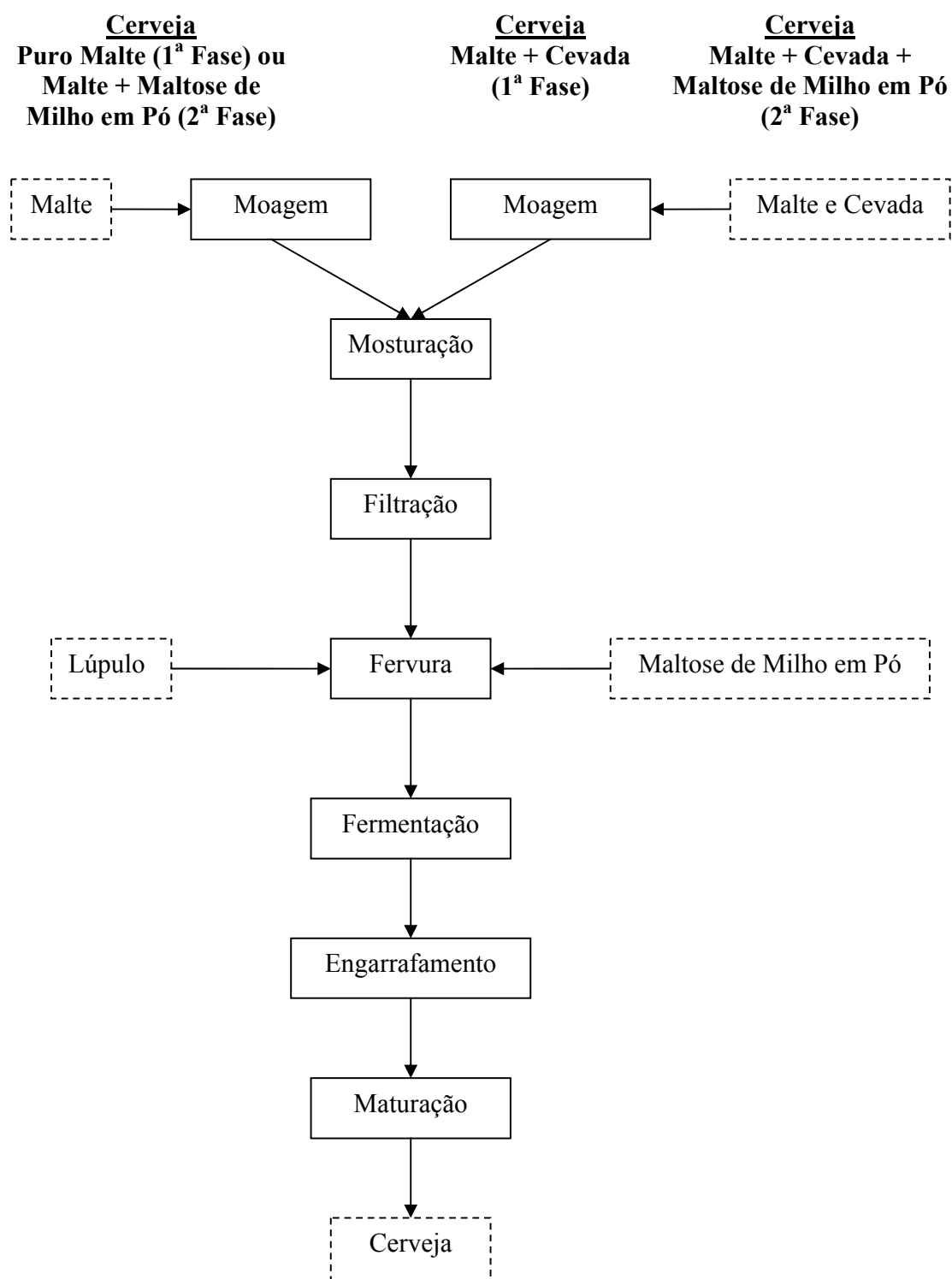


Figura 4 – Fluxograma de processamento das cervejas do experimento.

5.2.3 – Produção dos padrões de referência da análise isotópica

O padrão de malte foi produzido utilizando-se 50g de malte previamente moído e adicionado em 200g de água destilada à 40°C. A mistura permaneceu em repouso por 30 minutos e posteriormente elevou-se a temperatura à taxa aproximada de 1°C por minuto até atingir 70°C. Neste momento foi adicionado mais 100g de água destilada (70°C) à mistura, que permaneceu em repouso por 60 minutos. Posteriormente, elevou-se a temperatura à 80°C e procedeu-se o resfriamento da mistura à temperatura ambiente, num intervalo de 15 minutos. A filtração foi realizada em papel de filtro comum, para retirar o bagaço. Em seguida, ocorreu a fervura do mosto, sendo que a cada 15 minutos, completava-se o volume inicial com água destilada, e ao final de 60 minutos obteve-se mosto com 12°Brix (EBC, 1987). Posteriormente adicionou-se levedura cervejeira de baixa fermentação da espécie *Saccharomyces cerevisiae* a este mosto (100% malte). A fermentação foi conduzida à temperatura de 10°C, dando origem ao fermentado puro, que passou a ser considerado padrão de referência.

O padrão de maltose de milho (12°Brix) foi elaborado através da diluição desta matéria-prima em água. Esse mosto foi fermentado nas mesmas condições que o mosto de malte.

5.2.4 – Análise físico-química

No malte, foram realizadas as seguintes determinações: umidade, teor de extrato, odor, fermentabilidade, velocidade de sacarificação, velocidade de filtração, poder diastático e pH de acordo com EBC (1987). Na cevada foram determinados umidade e teor de extrato (EBC, 1987). Na maltose de milho em pó foram realizadas as determinações de umidade, teor de extrato, odor e pH (EBC, 1987).

No mosto foram analisados o teor de extrato, pH, cor, fermentabilidade e amargor conforme EBC (1987) e acidez total de acordo com ASBC (1958).

As análises realizadas nas cervejas foram extrato aparente, extrato real, fermentabilidade aparente, fermentabilidade real, álcool, pH, cor e amargor segundo EBC

(1987), acidez total e CO₂ de acordo com ASBC (1958), espuma conforme De Clerk (1958) e turbidez conforme Pollock (1981).

No mosto, também, foi calculado o rendimento da mosturação, usando a equação (2), a partir de informações obtidas em De Clerk (1957),

$$Rm = \frac{Mer}{Mma + Mad} \times 100 \quad (2)$$

Na equação (2), a simbologia empregada significa:

Rm = rendimento da mosturação (%);

Mer = massa de extrato recuperado no mosto misto (g);

Mma = massa de extrato do malte (g);

Mad = massa de extrato do adjunto (g).

5.2.5 – Análise sensorial

A análise sensorial das cervejas foi realizada no Laboratório de Bebidas do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, em cabinas apropriadas, sob luz branca, longe de ruídos e de odores. Foi aplicado o teste de aceitação global (escala hedônica estruturada), com pontos variando de um (1 = desgostei extremamente) a nove (9 = gostei extremamente), conforme Stone e Sidel (1993). O painel sensorial foi composto por 30 provadores de ambos os sexos. As amostras foram servidas em copo de vidro e estavam à temperatura de geladeira.

5.2.6 – Análise calorimétrica

A análise do valor calórico foi realizada nas cervejas através do uso de bomba calorimétrica (1261 *Automatic Isoperibol Bomb Calorimeter* – *Parr Instrument Company*).

Para realizar esta análise foi pesado 0,5g de cerveja. Depois de preparada, a amostra é introduzida no equipamento para determinação do seu poder calorífico.

Os resultados obtidos foram convertidos para kcal/L de amostra.

Os dados de caloria, também, foram convertidos para Joule (Sistema Internacional de Medidas), utilizando o fator de 4,1868kJ para 1kcal (Tabelas 122 e 124 do apêndice).

5.2.7 – Análise dos isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N

Nas matérias-primas, nas cervejas e nos fermentados padrões foram realizadas análises dos isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N . As matérias-primas malte e cevada foram moídas em moinho criogênico, contendo nitrogênio líquido, durante cinco minutos, a fim de se obter material homogêneo com granulometria semelhante a talco. A maltose de milho em pó não precisou ser moída, pois já tinha granulometria adequada.

As cervejas e os fermentados padrões foram descarbonatados em agitador rotativo (4 horas) evitando, assim, que o CO_2 produzido durante as fases de fermentação e maturação interferisse nas análises isotópicas. Tomou-se uma alíquota de 1,1 μL da amostra, utilizando-se pipeta volumétrica e o material foi colocado em cápsulas de estanho contendo *chromosorb*. As cápsulas foram introduzidas em analisador elementar (EA 1108 – *CHN Fisons Elemental Analyzer*), onde sofreram combustão total a 1.020°C , convertendo, assim, todo o carbono da amostra em CO_2 , que é direcionado ao espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS - *Delta S Finnigan Mat*) para a verificação dos valores de $\delta^{13}\text{C}$.

Para as análises dos valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$, as amostras de cerveja foram desidratadas em estufa, com circulação de ar, à temperatura de 50°C , a fim de concentrar o nitrogênio. O CO_2 gerado foi retido com *carbosorb* e a água foi retida com perclorato de magnésio. O N_2 e óxidos de nitrogênio da amostra passam por uma coluna de Cu a 650°C , para a conversão completa em N_2 e determinação dos valores de $\delta^{15}\text{N}$.

As matérias-primas e as cervejas foram analisadas em duplicata.

Para determinar a quantidade (%) de cada matéria-prima encontrada na cerveja foi utilizada a equação (3).

$$\delta_a * A + \delta_b * B = \delta P \quad (3)$$

Na equação (3), a simbologia adimensional empregada significa:

δa = enriquecimento relativo ($\delta^{13}C$) das fontes de carbono no padrão C_3 ;

δb = enriquecimento relativo ($\delta^{13}C$) das fontes de carbono no padrão C_4 ;

δP = enriquecimento relativo ($\delta^{13}C$) do carbono no produto (cerveja);

A = proporção relativa das fontes de carbono C_3 no produto;

B = proporção relativa das fontes de carbono C_4 no produto;

$A + B = 1$.

5.2.8 – Análise estatística

Foram considerados, tanto na fase 1 como na fase 2, quatro tratamentos, sendo os ensaios realizados em três semanas diferentes (blocos).

Para a análise sensorial, foram recrutados trinta provadores que não foram necessariamente os mesmos nos três blocos (trinta repetições por bloco e tratamento).

Para as variáveis físico-químicas e energéticas (calorias) foram utilizadas duas repetições por bloco e tratamento.

Para estas variáveis com repetição no bloco, foi utilizada Análise de Variância para experimento em blocos aleatorizados com repetição (VIEIRA; HOFFMAN, 1989).

Para os dados da mosturação, não houve repetição nos blocos. Para estas variáveis foi utilizada Análise de Variância para experimento em blocos aleatorizados.

Em todas as análises, foram calculadas as estatísticas F e p para verificar efeito de tratamento. Nos casos em que $p < 0,05$ a diferença entre tratamentos foi analisada pelo teste de Tukey para contrastes entre pares de médias, com o cálculo da diferença mínima significativa (dms) para $\alpha = 0,05$.

6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 – Primeira fase

6.1.1 – Análises das matérias-primas

As análises do malte e da cevada estão relacionadas na Tabela 6. O teor de umidade do malte de 9,0% foi elevado se comparado às recomendações feitas na literatura. Almeida e Silva (2005) cita uma faixa de 4 a 6%. Hough (1985) recomenda de 4 a 5% e Reinold (1997) afirma que umidade acima de 5% limita o tempo de armazenagem do malte. O valor de umidade da cevada de 10,7% está dentro da faixa descrita por Almeida e Silva (2005) entre 10 e 14%. Como o malte e a cevada utilizados neste trabalho foram armazenados em *freezer* a 0°C, não sofreram decomposição microbiana e nem ataques de insetos.

O valor do teor de extrato do malte encontrado está acima dos mencionados por Reinold (1997), que cita como valores médios para extrato 80,5% de sólidos solúveis e Venturini Filho (2000), que menciona uma faixa de 75,3 a 80,0%.

A faixa de valor encontrada para a velocidade de sacarificação do malte está dentro da citada por Reinold (1997) que é de 10 a 15 minutos.

Tabela 6 – Valores médios obtidos na análise de malte e cevada usados na fabricação das cervejas na fase1.

Variáveis	Malte	Cevada
Umidade(%)	9,0	10,7
Teor de Extrato (%) ps*	81,2	82,2
Velocidade de Sacarificação (minutos)	10 – 15	-----
Velocidade de Filtração	Normal	-----
Odor	Normal	-----
Fermentabilidade Aparente (%)	80,86	-----
Fermentabilidade Real (%)	66,02	-----
Poder Diastático (WK) ps*	274,00	-----
pH	5,88	-----

* ps = peso seco.

Para os demais resultados da Tabela 6, temos que o valor de fermentabilidade aparente do malte encontrado está próximo ao citado por Sleiman (2002) que foi de 79,29% e acima dos valores mencionados por Hough (1991) entre 73,7 e 76,7%. Já a fermentabilidade real está acima dos 64,23% citados por Sleiman (2002).

O valor do poder diastático está próximo ao citado por Venturini Filho (2000) que é de 244,19WK para malte brasileiro e abaixo do valor de 350,00WK, mencionado por Reinold (1995).

O valor de pH está dentro da faixa de 5,5 a 6,0, mencionados por Reinold (1995).

6.1.2 – Análises da mosturação

A média e o desvio padrão das variáveis da mosturação em cada tratamento estão relacionados na Tabela 7. Os resultados da análise estatística estão na Tabela8.

Tabela 7 – Valores médios e desvios padrão de teor de extrato no mosto primário, massa de extrato recuperado no mosto misto, teor de extrato na torta ao final da filtração e rendimento da mosturação na fase1.

Variáveis	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Teor extrato mosto primário (°Brix)	22,4 ± 0,42a	22,2 ± 0,50a	22,0 ± 0,20a	22,1 ± 0,58a
Massa extrato recuperado mosto misto (g)	3227 ± 15,01a	2979 ± 17,26b	2871 ± 28,56c	2823 ± 3,54d
Teor extrato torta final filtração (°Brix)	2,1 ± 0,12d	3,2 ± 0,21c	4,3 ± 0,10b	4,7 ± 0,17a
Rendimento mosturação (%)	80,67 ± 0,38a	74,48 ± 0,38b	71,78 ± 0,75c	70,57 ± 0,14c

T1-Mostos elaborados com 100% de malte; T2-Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), o que está melhor comentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.

Variáveis	Estatísticas	Comentários
Teor extrato mosto primário (°Brix)	F = 2,02; $p > 0,10$	T1=T2=T3=T4
Massa extrato recuperado mosto misto (g)	F = 436,28; $p < 0,05$	T1>T2>T3>T4
Teor extrato torta final filtração (°Brix)	F = 311,02; $p < 0,05$	T1<T2<T3<T4
Rendimento mosturação (%)	F = 392,72; $p < 0,05$	T1>T2>(T3=T4)

T1-Mostos elaborados com 100% de malte; T2-Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Os valores do teor de extrato no mosto primário não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, mostrando que as enzimas presentes no malte foram suficientes para promover a sacarificação do amido proveniente do próprio malte e da cevada.

A massa de extrato recuperado no mosto misto diminuiu na medida em que se aumentou a quantidade de cevada utilizada na formulação das cervejas, o que resultou, também, em menor rendimento da mosturação.

A maior quantidade de extrato na torta ao final da filtração, encontrado nos tratamentos que utilizaram cevada, indica que a lavagem do bagaço de malte nesses tratamentos foi menos efetiva. Isto pode ter ocorrido devido à produção excessiva de material mucilaginoso, nesses tratamentos, dificultando a lavagem e, conseqüentemente, a extração de açúcar do bagaço. A recuperação dos açúcares poderia ter sido mais eficiente se a lavagem do bagaço de malte fosse realizada em mais etapas e com quantidade de água maior, melhorando, assim, o rendimento. Por outro lado, isto diluiria mais o mosto e exigiria mais tempo de fervura para reconcentrar o mesmo, com evidente gasto suplementar de energia.

6.1.3 – Análises dos mostos

A média e o desvio padrão das variáveis do mosto em cada tratamento estão relacionados na Tabela 9. Os resultados da análise estatística estão na Tabela 10.

Os resultados de extrato para os diferentes tratamentos não apresentaram diferença significativa, pois foram corrigidos para 12°Brix. De acordo com Brasil (1997) as cervejas fabricadas com mostos a 12°Brix são classificadas como comuns pela legislação brasileira.

Os valores de fermentabilidade não mostraram diferença significativa entre os tratamentos e se situaram dentro da faixa de 73,7 e 76,7% citados por Hough (1991). A fermentabilidade está diretamente associada à atenuação limite que, também, não apresentou diferença significativa entre os resultados. A atenuação limite indica o teor de extrato final da fermentação do mosto.

Tabela 9 – Valores médios e desvios padrão de extrato, atenuação limite, fermentabilidade, pH, acidez total, cor e amargor nos mostos da fase1.

Variáveis	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Extrato (°Brix)	12,1 ± 0,06a	12,1 ± 0,06a	12,1 ± 0,06a	12,0 ± 0,06a
Atenuação Limite (°Brix)	3,2 ± 0,06a	3,0 ± 0,06a	3,0 ± 0,10a	3,0 ± 0,17a
Fermentabilidade (%)	73,90 ± 0,43a	74,86 ± 0,43a	75,27 ± 0,93a	75,07 ± 1,55a
pH	5,60 ± 0,02a	5,55 ± 0,03a	5,64 ± 0,05a	5,60 ± 0,03a
Acidez total (% m/v)	0,18 ± 0,01a	0,18 ± 0,02a	0,17 ± 0,01a	0,17 ± 0,01a
Cor (EBC)	21,1 ± 0,62a	17,8 ± 0,24b	12,8 ± 0,32c	11,1 ± 0,34d
Amargor (UA)	15,5 ± 0,07b	16,5 ± 0,25a	15,8 ± 0,19b	15,9 ± 0,12b

T1-Mostos elaborados com 100% de malte; T2-Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), o que está melhor comentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.

Variáveis	Estatísticas	Comentários
Extrato (°Brix)	F = 1,79; $p > 0,10$	T1 = T2 = T3 = T4
Atenuação Limite (°Brix)	F = 4,00; $p > 0,05$	T1 = T2 = T3 = T4
Fermentabilidade (%)	F = 2,40; $p > 0,10$	T1 = T2 = T3 = T4
pH	F = 2,97; $p > 0,10$	T1 = T2 = T3 = T4
Acidez total (% m/v)	F = 1,53; $p > 0,10$	T1 = T2 = T3 = T4
Cor (EBC)	F = 644,99; $p < 0,05$	T1 > T2 > T3 > T4
Amargor (UA)	F = 20,83; $p < 0,05$	T2 > (T1 = T3 = T4)

T1-Mostos elaborados com 100% de malte; T2-Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Para os demais resultados da Tabela 9, temos que os valores de pH obtidos não diferiram significativamente entre si e estão dentro do intervalo mencionado por Hardwick (1995) que é de 5,0 a 6,0.

Os valores encontrados para acidez total não apresentaram diferença entre os tratamentos e estão dentro da faixa encontrada por Sleiman (2002) que variou de 0,09 a 0,27%.

Constatou-se que na medida em que se aumentou a quantidade de adjunto (cevada), ocorreu queda significativa na intensidade da cor. De acordo com Stewart (1995) a utilização de cevada como adjunto provoca diminuição da intensidade da cor no mosto e na cerveja. Sleiman (2002), mesmo utilizando outros tipos de adjunto, também, verificou que eles foram responsáveis pela redução da intensidade da cor quando comparados aos mostos que não fizeram uso desta matéria-prima. Venturini Filho (2000) e Bradde (1977) mencionam que o uso de adjuntos resulta em cervejas com menor intensidade de cor. É possível, que a casca da cevada não tenha contribuído para a cor do mosto na mesma intensidade que a casca do malte.

O amargor ficou dentro da faixa encontrada por Sleiman (2002) que foi de 13 a 27UA e mostrou-se abaixo da faixa de 20 a 40UA proposta por Meilgaard (1978).

6.1.4 – Análises físico-químicas das cervejas

A média e o desvio padrão das variáveis físico-químicas da cerveja em cada tratamento estão relacionados na Tabela 11. Os resultados da análise estatística estão na Tabela 12.

Tabela 11 – Valores médios e desvios padrão de álcool, extrato real, fermentabilidade real, extrato aparente, fermentabilidade aparente, pH, acidez total, cor, amargor, turbidez, espuma e CO₂ nas cervejas da fase1.

Variáveis	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Álcool (°GL)	4,3 ± 0,10b	4,4 ± 0,06ab	4,6 ± 0,22a	4,5 ± 0,10a
Extrato Real (°Brix)	5,2 ± 0,71a	4,9 ± 0,47ab	4,7 ± 0,71b	4,8 ± 0,24b
Fermentabilidade Real(%)	57,37 ± 0,62c	59,17 ± 1,05b	60,77 ± 1,30a	60,42 ± 1,02a
Extrato Aparente (°Brix)	3,6 ± 0,07a	3,3 ± 0,01b	3,0 ± 0,05c	3,1 ± 0,01c
Fermentabilidade Aparente(%)	70,42 ± 0,87c	72,50 ± 0,74b	75,00 ± 1,18a	73,96 ± 1,05a
pH	4,67 ± 0,01a	4,70 ± 0,01a	4,66 ± 0,02a	4,71 ± 0,01a
Acidez total (%m/v)	0,20 ± 0,01a	0,19 ± 0,01a	0,20 ± 0,01a	0,18 ± 0,01a
Cor (EBC)	11,4 ± 0,24a	8,8 ± 0,14b	8,1 ± 0,12c	7,4 ± 0,12d
Amargor (UA)	11,5 ± 0,24a	11,7 ± 0,17a	11,7 ± 0,16a	11,6 ± 0,09a
Turbidez (EBC)	1,9 ± 0,07a	2,0 ± 0,07a	2,0 ± 0,12a	2,1 ± 0,07a
Espuma (s)	125 ± 1,90c	129 ± 2,60c	136 ± 1,60b	146 ± 2,80a
CO₂ (v/v)	3,1 ± 0,28a	3,2 ± 0,38a	3,4 ± 0,45a	3,7 ± 0,26a

T1-Cervejas elaboradas com 100% de malte; T2-Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05), o que está melhor comentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.

Variáveis	Estatísticas	Comentários
Álcool (°GL)	F = 19,09; p < 0,05	T1 < (T3 = T4); T2 intermediário
Extrato Real (°Brix)	F = 43,48; p < 0,05	T1 > (T3 = T4); T2 intermediário
Fermentabilidade Real(%)	F = 53,19; p < 0,05	T1 < T2 < (T3 = T4)
Extrato Aparente (°Brix)	F = 161,80; p < 0,05	T1 > T2 > (T3 = T4)
Fermentabilidade Aparente(%)	F = 154,79; p < 0,05	T1 < T2 < (T3 = T4)
pH	F = 1,62; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4
Acidez total (%m/v)	F = 2,87; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4
Cor (EBC)	F = 499,63; p < 0,05	T1 > T2 > T3 > T4
Amargor (UA)	F = 0,94; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4
Turbidez (EBC)	F = 1,17; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4
Espuma (s)	F = 82,04; p < 0,05	(T1 = T2) < T3 < T4
CO₂ (v/v)	F = 2,86; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4

T1-Cervejas elaboradas com 100% de malte; T2-Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Os valores de extrato aparente e real dos tratamentos 3 e 4 estão dentro da faixa de valores citados por Compton (1978) que são de 2,0 a 3,1% para o extrato aparente e 3,7 a 4,8% para o extrato real. Os tratamentos 1 e 2 estão acima dessas faixas. Valores de extrato aparente e real elevados são decorrentes da baixa fermentabilidade aparente e real de seus mostos, conforme ocorreu neste trabalho.

O teor alcoólico das cervejas ficou dentro da faixa de 4,3 a 4,9°GL citada por Compton (1978), para as cervejas de baixa fermentação. A presença de cevada na

formulação foi responsável pelo aumento da fermentabilidade aparente e real e, conseqüentemente, teor alcoólico mais elevado.

Os valores de pH não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos e estão dentro dos limites mencionados por Compton (1978) que variam de 3,8 a 4,7. Reinold (1997) cita que o pH da cerveja sofre influência do pH do mosto, do poder tampão e da formação de ácidos no processo de fermentação.

A acidez total, também, não apresentou resultados com diferença significativa entre os tratamentos e se situou acima dos valores de 0,09 a 0,15%, citados por Compton (1978). A elevada concentração de gás carbônico (CO_2) produzida nas cervejas pode ter contribuído para o aumento da acidez, já que, segundo Hardwick (1995), o ácido carbônico, resultante da reação entre o CO_2 e a água, promove a elevação da acidez na bebida.

O teor de gás carbônico apresentou valores que não diferiram significativamente entre os tratamentos e mostraram-se acima das faixas propostas por Compton (1978) - 2,4 a 2,8 v/v e Swistowicz (1978) - 2,55 a 2,75 v/v. Portanto, as cervejas elaboradas neste experimento podem ser consideradas sobrecarbonatadas. De qualquer forma, no presente trabalho, o mais importante é o valor relativo de carbonatação do produto entre os tratamentos, já que uma possível diferença no nível de CO_2 poderia ter interferido negativamente na análise sensorial das cervejas.

Com a utilização crescente de adjunto (cevada) ocorreu redução na intensidade da cor nas cervejas. Segundo Stewart (1995) o uso de cevada como adjunto promove queda na intensidade da cor no mosto e na cerveja. Venturini Filho (2000), entre outros, descreveu que o uso de adjuntos resulta em cervejas mais claras. Percebe-se, também, em todos os tratamentos, que a cor da cerveja foi menor que a do mosto. De acordo com De Clerk (1957), isto ocorre devido à eliminação de material corante na espuma durante o processo fermentativo, ação redutora da levedura sobre as moléculas oxidadas de tanino e redução dos valores de pH. Brasil (1997) classifica cervejas claras como sendo as que contêm até 20 unidades EBC. Portanto, as cervejas produzidas neste trabalho estão dentro desta classificação.

Em relação ao amargor, não houve diferença significativa entre os tratamentos, que se mostraram dentro da faixa proposta por Compton (1978) que é de 10 a 23UA. As cervejas apresentaram valores de amargor menores em relação aos respectivos

mostos em todos os tratamentos. Conforme Reinold (1997), aproximadamente, 30% das substâncias amargas são eliminadas durante a fermentação, juntamente com a levedura e pela camada superior da espuma formada.

A turbidez, também, não apresentou valores com diferença significativa entre os tratamentos, que se apresentaram dentro da faixa encontrada por Sleiman (2002) que variou de 0,4 - 3,9EBC, em cervejas que passaram pelo mesmo processo de fabricação utilizado nesse experimento, ou seja, não foram clarificadas (filtradas). Segundo Venturini Filho (2000), no processo de maturação da cerveja, realizado a 0°C, ocorre remoção de material amorfo e de outras substâncias que causam turbidez a frio na cerveja.

Com o aumento da quantidade de cevada em relação ao malte, nos diferentes tratamentos, o tempo de retenção (estabilidade) da espuma aumentou significativamente. As cervejas elaboradas nos tratamentos 1 e 2 estão dentro da faixa de 110 a 130 citada por Swistowicz (1978). Já as produzidas nos tratamentos 3 e 4 estão acima, mostrando a boa qualidade da espuma das cervejas que utilizaram maiores quantidades de cevada na sua formulação. Stewart (1995) cita que cevada não maltada contribui para retenção de espuma na cerveja por causa dos níveis de proteólise mais baixos. Hough (1985) relata que as glicoproteínas são os principais agentes de estabilização de espuma nas cervejas.

6.1.5 – Análise sensorial das cervejas

A média e o desvio padrão no teste de escala hedônica das cervejas estão relacionados na Tabela 13. Os resultados da análise estatística estão na Tabela 14.

Tabela 13 – Médias e desvios padrão dos valores obtidos no teste de escala hedônica das cervejas nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em cada bloco (B1, B2 e B3) na fase1. Médias dos tratamentos e médias dos blocos.

Tratamentos	Blocos			Médias dos Tratamentos
	B1	B2	B3	
T1	7,3 ± 1,3	7,5 ± 1,1	7,5 ± 1,0	7,4a
T2	6,5 ± 1,3	6,2 ± 1,4	6,1 ± 1,1	6,3b
T3	5,8 ± 2,0	5,8 ± 2,0	6,5 ± 1,5	6,0b
T4	5,1 ± 1,5	4,5 ± 1,5	5,0 ± 2,3	4,9c
Médias dos Blocos	6,2	6,0	6,3	-----

T1-Cervejas elaboradas com 100% de malte; T2-Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), o que está melhor comentado na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultados da análise estatística. Hipóteses testadas, estatísticas calculadas (F e p) e diferença mínima significativa (dms) para $\alpha = 0,05$. Comentários.

Hipóteses	Estatísticas	Comentários
Interação tratamento x bloco	F = 1,04 p > 0,10	Não foi constatada interação significativa. O comportamento dos tratamentos pode ser considerado similar nos 3 blocos.
Efeito de tratamento	F = 42,34 p < 0,05 dms = 0,6	Efeito significativo de tratamento. T1 > (T2 = T3) > T4
Efeito de bloco	F = 0,78 p > 0,10	Não foi constatado efeito de bloco.

T1-Cervejas elaboradas com 100% de malte; T2-Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

A melhor cerveja caracterizada por média mais alta na prova sensorial foi obtida no tratamento 1. Os tratamentos 2 e 3 obtiveram médias intermediárias e não diferiram entre si. O pior desempenho foi o do tratamento 4.

Segundo Moll (1995), normalmente, não deve ser utilizado mais do que 10 a 15% de cevada como adjunto de malte, já que, quantidades maiores podem contribuir com sabor de cereal, ligeiramente, desagradável na cerveja. Esse pode ter sido um dos fatores que influenciaram os provadores, que atribuíram notas mais baixas às cervejas fabricadas com maiores quantidades de cevada.

6.1.6 – Análise calorimétrica das cervejas

A média e o desvio padrão da análise calorimétrica das cervejas estão relacionados na Tabela 15. O resultado da análise estatística está na Tabela 16.

Tabela 15 – Médias e desvios padrão dos valores obtidos na análise calorimétrica das cervejas, expressos em kcal/L, nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em cada bloco (B1, B2 e B3) na fase 1. Médias dos tratamentos.

Tratamentos	Blocos			Médias dos Tratamentos
	B1	B2	B3	
T1	414 ± 0,7	422 ± 12,7	419 ± 7,1	418a
T2	416 ± 2,1	420 ± 2,1	414 ± 0,7	417a
T3	417 ± 2,8	423 ± 2,8	416 ± 9,9	419a
T4	412 ± 1,4	409 ± 2,8	422 ± 2,8	414a

T1-Cervejas elaboradas com 100% de malte; T2-Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), o que está melhor comentado na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultado da análise estatística. Hipótese testada, estatísticas calculadas (F e p). Comentário.

Hipótese	Estatísticas	Comentário
Efeito de tratamento	F = 0,80 p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4

T1-Cervejas elaboradas com 100% de malte; T2-Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; T3-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; T4-Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Os resultados da análise calorimétrica não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, mostrando que a utilização da cevada como adjunto não influenciou na quantidade de calorias encontrada nas cervejas.

Os valores apresentados estão próximos aos citados por Sindicerv (2006b) - 400 kcal/L, Tschope (2001) - 450 kcal/L e Almeida e Silva (2005) - 430 kcal/L de cerveja.

6.1.7 – Análise isotópica

6.1.7.1 – Análise das matérias-primas

Os valores obtidos para o $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nas amostras de malte e cevada estão relacionados na Tabela 17.

Tabela 17 – Valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nas amostras de malte e cevada utilizados na fabricação das cervejas na fase 1.

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	
	Média	D. M.	Média	D. M.
Malte (C ₃)	-28,48	0,03	4,30	0,08
Cevada (C ₃)	-27,97	0,07	5,21	0,11

D.M. – Desvio Médio. C₃ – Planta do ciclo fotossintético C₃.

O valor médio de $\delta^{13}\text{C}$ de -28,48‰, para o malte, está dentro da faixa de -27,28 a -28,55‰ encontrada por Sleiman (2006). Schmidt et al. (1980) encontraram para o malte valor médio de $\delta^{13}\text{C}$ igual a -25,4‰ e Brooks et al. (2002) encontraram valores que variaram de -24,2 a -26,8‰. O sinal isotópico médio de 4,30‰ encontrado para o $\delta^{15}\text{N}$ está dentro da faixa de 1,90 a 4,86‰ citada por Sleiman (2006).

Para a cevada foi encontrado valor médio de $\delta^{13}\text{C}$ igual a -27,97‰, situando-se dentro da faixa de -27,23 a -28,82‰ mencionada por Sleiman (2006). Schmidt et al. (1980) encontraram para a cevada valor médio de $\delta^{13}\text{C}$ igual a -25,6‰. O valor médio de $\delta^{15}\text{N}$ de 5,21‰, para a cevada, está acima da faixa de 3,25 a 3,63‰ encontrada por Sleiman (2006).

A diferença de 0,91‰, observada na Tabela 17, entre o $\delta^{15}\text{N}$ da cevada e do malte pode ser indicativo de que este malte não foi originado a partir dessa cevada.

As médias do $\delta^{13}\text{C}$ do malte e da cevada apresentam valores muito próximos. Essa proximidade de resultados deverá impossibilitar a identificação do malte em relação à cevada e vice-versa, nas cervejas fabricadas.

6.1.7.2 – Análise das cervejas

Os valores da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ estão relacionados na Tabela 18.

Tabela 18 – Valores médios da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para as cervejas fabricadas na fase 1.

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	
	Média	D. M.	Média	D. M.
T1B1	-27,37	0,18	4,00	0,04
T1B2	-27,00	0,06	3,77	0,08
T1B3	-27,27	0,20	3,73	0,01
T2B1	-27,11	0,18	3,80	0,02
T2B2	-27,31	0,10	3,74	0,01
T2B3	-27,19	0,08	3,65	0,04
T3B1	-27,10	0,17	3,86	0,06
T3B2	-27,24	0,15	3,79	0,03
T3B3	-27,47	0,03	3,71	0,03
T4B1	-27,30	0,12	4,01	0,01
T4B2	-27,13	0,18	3,84	0,04
T4B3	-27,15	0,20	3,69	0,04

D.M. – Desvio Médio. T – Tratamento. B – Bloco. T1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte; T2 – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; T3 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; T4 – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Observando os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, apresentados na Tabela 18, nota-se que não há diferença entre os sinais isotópicos nos diferentes tratamentos, ou seja, não foi possível identificar a presença de cevada em relação ao malte na formulação das cervejas. Portanto, se uma cerveja, rotulada como puro malte, estiver adulterada com cevada a metodologia utilizada, neste trabalho, não será eficaz para detectar esse tipo de fraude.

A média dos valores da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e as respectivas porcentagens de carbono C_3 , encontrados nas cervejas, estão apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Valores médios da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e as respectivas porcentagens de matéria-prima encontrada nas cervejas elaboradas na fase 1.

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Cerveja*
T1B1	-27,37	101% de C_3
T1B2	-27,00	99% de C_3
T1B3	-27,27	100% de C_3
T2B1	-27,11	99% de C_3
T2B2	-27,31	101% de C_3
T2B3	-27,19	100% de C_3
T3B1	-27,10	99% de C_3
T3B2	-27,24	100% de C_3
T3B3	-27,47	102% de C_3
T4B1	-27,30	101% de C_3
T4B2	-27,13	99% de C_3
T4B3	-27,15	100% de C_3

*Para o cálculo das porcentagens de carbono C_3 , encontrados nas cervejas, foram utilizados os valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ dos fermentados padrões (cerveja puro malte = -27,21‰ e cerveja puro milho = -12,07‰). C_3 – Planta do ciclo fotossintético C_3 . T – Tratamento. B – Bloco. T1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte; T2 – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; T3 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; T4 – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Os resultados da Tabela 19 mostram que o erro analítico do método empregado foi de no máximo 2% para a concentração de carbono C_3 nas cervejas, o que pode ser considerada normal, pois está dentro do erro permitido para o espectrômetro de massa utilizado (0,2‰ para o carbono).

6.2 – Segunda fase

6.2.1 – Análises das matérias-primas

As análises do malte, cevada e maltose de milho em pó estão relacionadas na Tabela 20.

Tabela 20 – Valores médios obtidos na análise de malte, cevada e maltose de milho em pó usado na fabricação das cervejas na fase2.

Variáveis	Malte	Cevada	Maltose de Milho em Pó
Umidade(%)	8,2	11,1	3,4
Teor de Extrato (%) ps*	81,9	82,1	96,6
Velocidade de Sacarificação (minutos)	10 – 15	-----	-----
Velocidade de Filtração	Normal	-----	-----
Odor	Normal	-----	Característico
Fermentabilidade Aparente (%)	80,60	-----	-----
Fermentabilidade Real (%)	65,29	-----	-----
Poder Diastático (WK) ps*	243,00	-----	-----
pH	5,63	-----	4,58**

* ps = peso seco. ** Solução 10%.

A composição do malte e da cevada, utilizados nesta segunda fase, é semelhante à composição dessas matérias-primas empregadas na fase 1 e, portanto, tudo o que foi discutido anteriormente se aplica aqui.

Para a maltose de milho, o valor de pH está dentro da faixa de 4,5 a 5,5 e a umidade está abaixo do valor máximo de 5,0%, conforme informações contidas na página eletrônica do fabricante (CORN PRODUCTS INTERNATIONAL, 2006).

6.2.2 – Análises da mosturação

A média e o desvio padrão das variáveis da mosturação em cada tratamento estão relacionados na Tabela 21. Os resultados da análise estatística estão na Tabela 22.

Tabela 21 – Valores médios e desvios padrão de teor de extrato no mosto primário, massa de extrato recuperado no mosto misto, teor de extrato na torta ao final da filtração e rendimento da mosturação na fase2.

Variáveis	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Teor extrato mosto primário (°Brix)	12,5 ± 0,12a	12,4 ± 0,15a	12,3 ± 0,12a	12,3 ± 0,12a
Massa extrato recuperado mosto misto (g)	1881 ± 22a	1819 ± 17b	1752 ± 10c	1673 ± 14d
Teor extrato torta final filtração (°Brix)	1,9 ± 0,17d	2,9 ± 0,12c	4,0 ± 0,06b	5,1 ± 0,06a
Rendimento mosturação (%)	78,39 ± 0,22a	75,79 ± 0,63b	72,96 ± 0,40c	69,64 ± 0,62d

T1-Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), o que está melhor comentado na Tabela 22.

Tabela 22 – Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.

Variáveis	Estatísticas	Comentários
Teor extrato mosto primário (°Brix)	F = 2,07; p > 0,10	T1=T2=T3=T4
Massa extrato recuperado mosto misto (g)	F = 84,81; p < 0,05	T1>T2>T3>T4
Teor extrato torta final filtração (°Brix)	F = 338,67; p < 0,05	T1<T2<T3<T4
Rendimento mosturação (%)	F = 141,17; p < 0,05	T1>T2>T3>T4

T1-Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Os valores de teor de extrato no mosto primário e massa de extrato recuperado no mosto misto ficaram abaixo dos valores encontrados na primeira fase. Isto ocorreu, porque a quantidade de matéria-prima (malte e cevada), utilizada nessa fase do trabalho, foi reduzida em 40%, em função da utilização da maltose de milho na formulação das cervejas. O comportamento dos resultados encontrados para as quatro variáveis foi semelhante aos resultados da fase 1, ou seja, a recuperação do extrato, através da lavagem do bagaço de malte, nos tratamentos que utilizaram quantidades mais elevadas de cevada, foi menos efetiva, resultando em rendimento mais baixo.

6.2.3 – Análises dos mostos

A média e o desvio padrão das variáveis do mosto em cada tratamento estão relacionados na Tabela 23. Os resultados da análise estatística estão na Tabela 24.

Tabela 23 – Valores médios e desvios padrão de extrato, atenuação limite, fermentabilidade, pH, acidez total, cor e amargor nos mostos da fase2.

Variáveis	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Extrato (°Brix)	12,1 ± 0,06a	12,1 ± 0,06a	12,1 ± 0,06a	12,0 ± 0,06a
Atenuação Limite (°Brix)	2,2 ± 0,06a	2,2 ± 0,03a	2,3 ± 0,03a	2,5 ± 0,06a
Fermentabilidade (%)	81,64 ± 1,11a	81,40 ± 0,58a	80,86 ± 0,86a	79,45 ± 0,48a
pH	5,39 ± 0,04a	5,51 ± 0,02a	5,43 ± 0,01a	5,41 ± 0,06a
Acidez total (% m/v)	0,11 ± 0,01ab	0,10 ± 0,01b	0,12 ± 0,01a	0,12 ± 0,02a
Cor (EBC)	14,6 ± 0,15a	13,1 ± 0,13b	12,1 ± 0,16c	10,1 ± 0,08d
Amargor (UA)	16,1 ± 0,16a	15,9 ± 0,09b	15,9 ± 0,09b	16,1 ± 0,09a

T1-Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), o que está melhor comentado na Tabela 24.

Tabela 24 – Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.

Variáveis	Estatísticas	Comentários
Extrato (°Brix)	F = 1,80; $p > 0,10$	T1 = T2 = T3 = T4
Atenuação Limite (°Brix)	F = 4,08; $p > 0,05$	T1 = T2 = T3 = T4
Fermentabilidade (%)	F = 4,75; $p > 0,05$	T1 = T2 = T3 = T4
pH	F = 2,46; $p > 0,10$	T1 = T2 = T3 = T4
Acidez total (% m/v)	F = 4,30; $p < 0,05$	T2 < (T3 = T4); T1 intermediário
Cor (EBC)	F = 173,90; $p < 0,05$	T1 > T2 > T3 > T4
Amargor (UA)	F = 4,05; $p < 0,05$	(T1 = T4) > (T2 = T3)

T1-Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Os resultados encontrados para todas as variáveis, nesta fase, tiveram comportamento semelhante aos da fase anterior, ou seja, a utilização da cevada influenciou somente a intensidade da cor, que diminuiu na medida em que aumentou a utilização de cevada na fabricação das cervejas.

A atenuação limite apresentou valores menores e, conseqüentemente, a fermentabilidade foi maior em relação aos da fase 1, indicando que a utilização da maltose de milho pode ter sido responsável por produzir mostos com maior teor de açúcar fermentescível.

A maltose de milho pode ter contribuído, também, para produzir mostos com acidez mais baixa, nessa fase, em relação aos mostos da fase 1, pois esse adjunto apresenta baixa concentração de ácidos, conforme foi citado por Sleiman (2002). Assim, pode-se deduzir que a acidez do mosto é proveniente fundamentalmente do malte.

A intensidade da cor dos mostos foi menor na fase 2, pois a quantidade de adjunto utilizado, em relação ao malte, na fabricação das bebidas, foi maior do que na fase 1.

6.2.4 – Análises físico-químicas das cervejas

A média e o desvio padrão das variáveis físico-químicas da cerveja em cada tratamento estão relacionados na Tabela 25. Os resultados da análise estatística estão na Tabela 26.

Tabela 25 – Valores médios e desvios padrão de álcool, extrato real, fermentabilidade real, extrato aparente, fermentabilidade aparente, pH, acidez total, cor, amargor, turbidez, espuma e CO₂ nas cervejas da fase 2.

Variáveis	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Álcool (°GL)	4,7 ± 0,07a	4,5 ± 0,05b	4,7 ± 0,02a	4,8 ± 0,01a
Extrato Real (°Brix)	4,6 ± 0,16a	4,6 ± 0,16a	4,5 ± 0,12a	4,8 ± 0,11b
Fermentabilidade Real(%)	61,39 ± 0,96a	61,39 ± 1,92a	62,50 ± 1,44a	59,72 ± 0,96a
Extrato Aparente (°Brix)	3,0 ± 0,25a	2,9 ± 0,35a	2,7 ± 0,12a	3,1 ± 0,20a
Fermentabilidade Aparente(%)	75,28 ± 2,10a	75,83 ± 2,89a	77,22 ± 0,96a	74,45 ± 0,48a
pH	3,84 ± 0,05a	3,91 ± 0,01a	3,79 ± 0,05b	3,78 ± 0,03b
Acidez total (%m/v)	0,15 ± 0,01a	0,13 ± 0,01b	0,15 ± 0,01a	0,16 ± 0,01a
Cor (EBC)	8,6 ± 0,12a	7,0 ± 0,02b	6,2 ± 0,19c	5,6 ± 0,12d
Amargor (UA)	11,5 ± 0,14a	11,5 ± 0,14a	11,8 ± 0,16b	11,4 ± 0,14a
Turbidez (EBC)	1,6 ± 0,05a	1,6 ± 0,05a	1,6 ± 0,09a	1,6 ± 0,23a
Espuma (s)	146 ± 4,95a	142 ± 5,42a	146 ± 6,37a	144 ± 3,53a
CO₂ (v/v)	3,2 ± 0,14a	3,0 ± 0,09a	3,2 ± 0,19a	3,2 ± 0,16a

T1-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05), o que está melhor comentado na Tabela 26.

Tabela 26 – Resultados da análise estatística. Estatísticas (F e p) para verificação do efeito de tratamento e comentários.

Variáveis	Estatísticas	Comentários
Álcool (°GL)	F = 38,44; p < 0,05	(T1 = T3 = T4) > T2
Extrato Real (°Brix)	F = 5,90; p < 0,05	(T1 = T2 = T3) < T4
Fermentabilidade Real(%)	F = 1,84; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4
Extrato Aparente (°Brix)	F = 1,11; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4
Fermentabilidade Aparente(%)	F = 1,11; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4
pH	F = 7,92; p < 0,05	(T1 = T2) > (T3 = T4)
Acidez total (%m/v)	F = 7,79; p < 0,05	T2 < (T1 = T3 = T4)
Cor (EBC)	F = 559,13; p < 0,05	T1 > T2 > T3 > T4
Amargor (UA)	F = 8,73; p < 0,05	(T1 = T2 = T4) < T3
Turbidez (EBC)	F = 0,38; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4
Espuma (s)	F = 0,47; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4
CO₂ (v/v)	F = 1,56; p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4

T1-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

O teor alcoólico, o extrato (aparente e real) e a fermentabilidade (aparente e real) não foram influenciados pela utilização de cevada na formulação das cervejas. Como resultado da maior fermentabilidade (real e aparente) e, conseqüentemente, menor teor de extrato (real e aparente), as cervejas produzidas apresentaram teor alcoólico mais elevado em relação às cervejas da primeira fase. Isso deve ter ocorrido em função da utilização da maltose de milho na formulação das cervejas.

O pH e a acidez das cervejas caíram, simultaneamente, em relação aos valores encontrados na fase 1. Isto pode ter ocorrido devido ao fato da maltose de milho possuir baixo poder tampão.

A cor mostrou o mesmo comportamento da primeira fase, ou seja, diminuiu na medida em que aumentou a quantidade de cevada utilizada na fabricação das cervejas. Os resultados obtidos, nessa fase, foram menores em relação aos da fase anterior. Isto ocorreu em função da maior quantidade de adjunto utilizado (cevada e maltose de milho).

Os resultados da turbidez apresentaram comportamento semelhante aos da primeira fase, mas com valores mais baixos, já que a proporção de adjunto em relação ao malte, na formulação das bebidas, foi maior. Esse fato, segundo Venturini Filho (2000), reduz o potencial de desenvolvimento de turvação na cerveja, conferindo-lhe maior estabilidade coloidal.

A estabilidade da espuma não apresentou diferença entre os tratamentos, o que não era esperado, em função dos resultados obtidos na primeira fase do trabalho. Manteve-se acima da faixa de 110 a 130 citada por Swistowicz (1978), da mesma forma como ocorreu nos tratamentos 3 e 4 da fase 1, indicando, também, a boa estabilidade da espuma nas cervejas produzidas na segunda fase. Esse resultado é de difícil explicação, pois o uso da maltose de milho (adjunto) diminui a concentração de proteínas, glicoproteínas, peptídeos e polifenóis que são responsáveis por conferir maior estabilidade de espuma às cervejas, conforme é citado por Hardwick (1995).

Os resultados encontrados para amargor e CO₂ foram semelhantes em valor e comportamento em relação aos da primeira fase. Isto quer dizer que não sofreram influência, em função da utilização da cevada, na fabricação das cervejas.

6.2.5 – Análise sensorial das cervejas

A média e o desvio padrão no teste de escala hedônica das cervejas estão relacionados na Tabela 27. Os resultados da análise estatística estão na Tabela 28.

Tabela 27 – Médias e desvios padrão dos valores obtidos no teste de escala hedônica das cervejas nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em cada bloco (B1, B2 e B3) na fase2. Médias dos tratamentos e médias dos blocos.

Tratamentos	Blocos			Médias dos Tratamentos
	B1	B2	B3	
T1	8,2 ± 0,8	8,0 ± 1,0	7,9 ± 0,8	8,0a
T2	6,8 ± 1,7	6,5 ± 1,3	6,6 ± 1,1	6,6b
T3	6,6 ± 1,4	6,7 ± 1,4	6,6 ± 1,3	6,6b
T4	4,2 ± 1,3	4,5 ± 1,5	4,1 ± 1,7	4,3c
Médias dos Blocos	6,5	6,4	6,3	-----

T1-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), o que está melhor comentado na Tabela 28.

Tabela 28 – Resultados da análise estatística. Hipóteses testadas, estatísticas calculadas (F e p) e diferença mínima significativa (dms) para $\alpha = 0,05$. Comentários.

Hipóteses	Estatísticas	Comentários
Interação tratamento x bloco	F = 0,37 p > 0,10	Não foi constatada interação significativa. O comportamento dos tratamentos pode ser considerado similar nos 3 blocos.
Efeito de tratamento	F = 131,58 p < 0,05 dms = 0,5	Efeito significativo de tratamento. T1 > (T2 = T3) > T4
Efeito de bloco	F = 0,48 p > 0,10	Não foi constatado efeito de bloco.

T1-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Os resultados obtidos, na fase 2, mostraram que os diferentes tratamentos apresentaram comportamento semelhante aos da fase 1, ou seja, a utilização da cevada foi responsável por depreciar a qualidade sensorial das cervejas.

O tratamento 1, dessa fase, obteve nota semelhante ao tratamento 1, da fase anterior. Isto indica que a utilização da maltose de milho, ao contrário da cevada, não interferiu, negativamente, na aceitabilidade das cervejas.

6.2.6 – Análise calorimétrica das cervejas

A média e o desvio padrão da análise calorimétrica das cervejas estão relacionados na Tabela 29. Os resultados da análise estatística estão na Tabela 30.

Tabela 29 – Médias e desvios padrão dos valores obtidos na análise calorimétrica das cervejas, expressos em kcal/L, nos tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em cada bloco (B1, B2 e B3) na fase 2. Médias dos tratamentos.

Tratamentos	Blocos			Médias dos Tratamentos
	B1	B2	B3	
T1	424 ± 4,9	422 ± 4,9	418 ± 7,1	421a
T2	426 ± 12,0	420 ± 16,3	421 ± 3,5	422a
T3	414 ± 1,4	428 ± 9,9	413 ± 14,8	418a
T4	419 ± 4,2	410 ± 2,1	416 ± 8,5	415a

T1-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), o que está melhor comentado na Tabela 30.

Tabela 30 – Resultado da análise estatística. Hipótese testada, estatísticas calculadas (F e p). Comentários.

Hipótese	Estatísticas	Comentário
Efeito de tratamento	F = 0,77 p > 0,10	T1 = T2 = T3 = T4

T1-Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2-Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3-Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4-Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

A análise calorimétrica, nessa fase, mostrou resultados com comportamento e valores semelhantes aos que ocorreram na fase anterior. Isto indica que a utilização da maltose de milho, na formulação das cervejas, da mesma forma que a cevada, não influenciou na quantidade de calorias encontradas nas bebidas.

6.2.7 – Análise isotópica

6.2.7.1 – Análise das matérias-primas

Os valores obtidos para o $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nas amostras de malte, cevada e maltose de milho em pó estão relacionadas na Tabela 31.

Tabela 31 – Valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nas amostras de malte, cevada e maltose de milho em pó utilizados na fabricação das cervejas na fase 2.

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	
	Média	D. M.	Média	D. M.
Malte (C ₃)	-27,40	0,02	3,91	0,03
Cevada (C ₃)	-27,19	0,07	2,90	0,15
Maltose de milho em pó (C ₄)	-11,53	0,01	-----	-----

D.M. – Desvio Médio. C₃ – Planta do ciclo fotossintético C₃. C₄ – Planta do ciclo fotossintético C₄.

Para a cevada foi encontrado valor médio de $\delta^{13}\text{C}$ igual a -27,19‰, situando-se abaixo da faixa de -27,23 a -28,82‰ mencionada por Sleiman (2006). O valor médio de $\delta^{15}\text{N}$ de 2,90‰, também, está abaixo da faixa de 3,25 a 3,63‰ encontrada pelo mesmo autor.

A diferença de 1,01‰, observada na Tabela 31, entre o $\delta^{15}\text{N}$ do malte e da cevada pode ser indicativo de que este malte não se originou dessa cevada.

A média do $\delta^{13}\text{C}$ do malte apresentou valor muito próximo à da cevada. Essa proximidade de resultados, da mesma forma como ocorreu na fase 1, deverá impossibilitar a identificação do malte em relação à cevada e vice-versa nas cervejas.

A maltose de milho apresentou valor médio de $\delta^{13}\text{C}$ igual a -11,53‰, característico de plantas C_4 . Esse resultado está próximo ao encontrado por Sleiman (2006) que foi de -11,39‰ e deverá possibilitar sua identificação nas cervejas que fizeram uso deste adjunto. Essa matéria-prima, que é constituída basicamente de carboidratos $[\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y]$, não apresentou valores isotópicos para o nitrogênio, conforme previsto.

6.2.7.2 – Análise das cervejas

Os valores da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ estão relacionados na Tabela 32.

Tabela 32 – Valores médios da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para as cervejas fabricadas na fase 2.

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	
	Média	D. M.	Média	D. M.
T1B1	-20,07	0,20	3,19	0,05
T1B2	-20,16	0,14	2,93	0,03
T1B3	-20,10	0,17	2,91	0,03
T2B1	-20,10	0,16	2,97	0,01
T2B2	-20,30	0,03	3,03	0,02
T2B3	-20,34	0,18	2,99	0,02
T3B1	-20,11	0,09	2,90	0,06
T3B2	-20,16	0,17	3,05	0,10
T3B3	-20,30	0,01	2,91	0,08
T4B1	-20,55	0,15	3,04	0,04
T4B2	-20,14	0,08	2,93	0,08
T4B3	-20,14	0,10	2,98	0,04

D.M. – Desvio Médio. T – Tratamento. B – Bloco. T1 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2 – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3 – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4 – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

A média dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados indica a presença da maltose de milho, fonte de carbono C_4 , que foi utilizada na formulação das cervejas. Porém, não foi possível diferenciar a cevada em relação ao malte nas bebidas produzidas.

Os valores médios da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e as respectivas porcentagens de carbono C_3 e C_4 encontrados nas cervejas estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 33 – Valores médios da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e as respectivas porcentagens de cada matéria-prima encontrada nas cervejas elaboradas na fase 2.

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Cerveja*
T1B1	-20,07	54% de C ₃ e 46% de C ₄
T1B2	-20,16	55% de C ₃ e 45% de C ₄
T1B3	-20,10	54% de C ₃ e 46% de C ₄
T2B1	-20,10	54% de C ₃ e 46% de C ₄
T2B2	-20,30	56% de C ₃ e 44% de C ₄
T2B3	-20,34	56% de C ₃ e 44% de C ₄
T3B1	-20,11	55% de C ₃ e 45% de C ₄
T3B2	-20,16	55% de C ₃ e 45% de C ₄
T3B3	-20,30	56% de C ₃ e 44% de C ₄
T4B1	-20,55	58% de C ₃ e 42% de C ₄
T4B2	-20,14	55% de C ₃ e 45% de C ₄
T4B3	-20,14	55% de C ₃ e 45% de C ₄

*Para o cálculo das porcentagens de carbono C₃ e C₄, encontrados nas cervejas, foram utilizados os valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ dos fermentados padrões (cerveja puro malte = -26,81‰ e cerveja puro milho = -12,07‰). C₃ – Planta do ciclo fotossintético C₃. C₄ – Planta do ciclo fotossintético C₄. T – Tratamento. B – Bloco. T1 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; T2 – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T3 – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; T4 – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

O erro de 2 a 6% observado para a concentração de carbono C₃ nas cervejas pode ser atribuído, em parte, a erros de análise. Outro fator importante foi a perda de carboidratos, das fontes de carbono C₃ (malte e cevada), ocorrida durante o processo de filtração do mosto. Neste caso, uma parcela dos carboidratos na forma solúvel (açúcares e dextrinas) e insolúvel (amido) foi perdida na torta de filtração (bagaço de malte). Isto explica porque os valores de concentração de C₃ são sempre inferiores a 60% (proporção das fontes C₃ na formulação).

7 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho possibilitaram concluir que com a utilização crescente de cevada como adjunto de malte:

- o rendimento da mosturação diminuiu o que pode aumentar o custo de produção das bebidas, inviabilizando sua utilização;
- a intensidade da cor nos mostos e nas cervejas diminuiu;
- o tempo de retenção (estabilidade) da espuma aumentou nas cervejas formuladas com malte e cevada (fase1) e manteve-se igual para os tratamentos que utilizaram malte, cevada e maltose de milho (fase2);
- a aceitabilidade das cervejas diminuiu;
- a quantidade de calorias encontrada nas bebidas não foi alterada.

Através da utilização da metodologia dos isótopos estáveis dos elementos químicos carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N):

- foi possível identificar e quantificar as fontes de carbono C_3 e C_4 utilizados na fabricação das bebidas;
- não foi possível diferenciar a cevada em relação ao malte nas cervejas produzidas.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA E SILVA, J.B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W.G. (Coord.) **Tecnologia de bebidas**: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005, cap. 15, p. 347-382.

AMERICAN Society of Brewing Chemists. **Methods of analysis of the American Society of Brewing Chemists**. Madison, 1958. 209p.

BAMFORTH, C.W.; BARCLAY, A.H.P. Malting technology and uses of malt. In: MACGREGOR, A.W.; BHATTY, R.S. **Barley-chemistry and technology**. St.Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1993. p.73-128.

BERNSTEIN, L.; WILLOX, I.C. Água. In: BRODERICK, H.M. (Dir.). **El cervecero en la practica**: un manual para la industria cervecera. 2.ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 2, p. 18-28.

BORGES, V.S. **Dia de campo na Malteria do Vale incentiva a cultura de cevada cervejeira**. 09 mar. 2004. Disponível em: <http://www21.sede.embrapa.br/noticias/banco_de_noticias/2004/marco/bn.2004-11-25.7366782502/mostra_noticia>. Acesso em: 02 ago. 2006.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope ratios of natural materials: I. sample preparation and mass spectrometric analysis. In: COLEMAN, D.C.; FRY, B. **Carbon isotope techniques**. San Diego: Academic Press, 1991. cap. 10, p. 155-171.

BRADDEE, L.H. Adjuntos. In: BRODERICK, H.M. (Dir.). **El cervecero en la practica**: un manual para la industria cervecera. 2.ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 4, p. 53-82.

BRASIL. Decreto n. 2.314, de 04 de setembro de 1997. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Boletim IOB**, n. 38, p. 11-30, 1997.

BRASIL Brau 2005. **Engarrafador Moderno**. n. 134, p. 34-40, 2005.

BROOKS, J.R., et. al. Heavy and light beer: a carbon isotope approach to detect C₄ carbon in beer of different origins, styles and prices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, D.C., v.50, n.22, p.6413-6418, 2002.

CATI. **Cevada cervejeira em São Paulo**. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/novacati/tecnologias/producao_agricola/cevada/foldercevada.htm> Acesso em: 09 out. 2005.

CEREDA, M.P. Cervejas. In: AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo, Edgar Blucher, p.3-78, 1983.

COMBINACIÓN exitosa. **Brewing and Beverage Industry Español**. n.3, p.40-47, 2005.

COMPTON, J. Beer quality and taste methodology. In: BRODERICK, H.M. (Ed.) **The practical brewer: a manual for the brewing industry**. 2.ed. Madison: Impressions, 1978. cap.15, p.288-308.

CORN PRODUCTS INTERNATIONAL. Xarope desidratado de alta maltose Mor-Rex 1557. Disponível em: <<http://www.cornproducts.com.br>> . Acesso em: 22 de setembro de 2006.

DE CLERK, J. **A textbook of brewing**. London: Chapman & Hall, 1957. v.1, 587 p.

DE CLERK, J. **A textbook of brewing**. London: Chapman & Hall, 1958. v.2, 650 p.

DUCATTI, C.; SALATI, E.; MATSUI, E. Método de análise da razão ¹³C/¹²C em matéria orgânica e das razões ¹³C/¹²C e ¹⁸O/¹⁶O em carbonatos. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.51, n.2, p. 275-286, 1979.

ENGLMANN, J.; MIEDANER, H. 2005. Métodos de producción de cerveza: materias primas y aditivos de uso corriente. **Brewing and Beverage Industry Español**. n.3, p.10-16, 2005.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. **Analytica – EBC**. 4.ed. Zurique: Brauerei – und Getränke – Rundschau, 1987. 271 p.

FISPAL. Indústria de cerveja compra cevada no cerrado. **Gazeta Mercantil**. 21 jul. 2004. Disponível em: <<http://www.fispal.com/core.php?r=110&m=112&t=640>>. Acesso em: 12 jun. 2006.

GRANT, H.L. Lúpulo. In: BRODERICK, H.M. (Dir.) **El cervecero en la practica: un manual para la industria cervecera**. 2.ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 8, p. 164-88.

HARDWICK, W.A. **Handbook of brewing**. New York: Marcel Dekker, 1995. 714p.

HOUGH, J.S. **The biotechnology of malting and brewing**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. 159p.

HOUGH, J. S. **The biotechnology of malting and brewing**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 168p.

IBGE. **Produção e vendas dos 100 maiores produtos e/ou serviços industriais, segundo posição e descrições dos produtos: Brasil**. 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 dez 2005.

KELLY, S.D. Using stable isotope ratio mass spectrometry (IRMS) in food authentication and traceability. In: Lees, M. (Ed.) **Food authenticity and traceability**. London: Woodhead, 2003, cap.7, p.156-183.

KNUNDTSEN, F.B. Fermentación: principios y practica. In: BRODERICK, H.M. (Dir.) **El cervecero en la practica: un manual para la industria cervecera**. 2.ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 10, p. 203–29.

KUIPER, S.; RIJN, C. V.; NIJDAM, W.; RASPE, O.; WOLFEREN, H. V.; KRIJNEN, G.; ELWENSPOEK, M. Filtration of lager beer with microsieves: flux, permeate haze and in-line microscope observations. **Journal of Membrane Science**, v. 196, n. 2, p. 159-170, 2001.

LEWIS, M.J.; YOUNG, T.W. **Brewing**. London: Chapman & Hall, 1995. 260p.

MEILGAARD, M. Wort Composition. In: BRODERICK, H.M. (Ed.) **The practical brewer: a manual for the brewing industry**. 2.ed. Madison: Impressions, 1978. cap. 6, p. 99 - 116.

MERCADO cervejeiro aposta em crescimento para 2004. **Indústria de bebidas**. n. 13, p. 20-28, 2004.

MOLL, M. **Beers and Coolers**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995.

MORRISON, R.T.; BOYD, R.N. **Organic Chemistry**. 5.ed. Boston, Massachusetts, USA: Addison-Wesley Iberoamericana, p.1309-1315, 1990.

MUNROE, J.H. Fermentation. In: HARDWICK, W.A. (Ed.) **Handbook of brewing**. New York: Marcel Dekker, p.323-362, 1994.

PERPÈTE, P.; COLLIN, S. How to improve the enzymatic warty flavour reduction in a cold contact fermentation. **Food Chemistry**, v. 70, n. 4, p. 457-462, 2000.

- POLLOCK, J.R.A. **Brewing Science**. London: Academic Press. v.1, 1979. 604p.
- POLLOCK, J.R.A. **Brewing Science**. London: Academic Press. v.2, 1981. 666 p.
- QUEIROZ, E. C. **Utilização dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio na detecção de adulteração e análise energética de bebidas de laranja**. Botucatu, 2005. 73p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- REINOLD, M. R. **O processo de elaboração do mosto**. São Paulo: Aden, 1995. 47p.
- REINOLD, M.R. **Manual prático de cervejaria**. São Paulo: Aden, 1997. 214p.
- ROSSMANN, A. Determination of stable isotope ratios in food analysis. **Food Reviews International**, New York, v.17, n.3, p. 347-381, 2001.
- RUSSEL, I. Yeast. In: HARDWICK, W.A. (Ed.). **Handbook of Brewing**. New York: Marcel Dekker, 1995. cap. 10, p. 169-202.
- RUSSEL, I.; STEWART, G. G. **Brewing**. In: REHM, H.J.; REED, G. ed. Biotechnology. New York: VHC, 1995, v.9, cap.11.
- SCHMIDT, H.L.; KUNDER, U.; WINKLER, F.J.; BINDER, H. Möglichkeiten des Nachweises von Rohfrucht-Verwendung zur Bierbereitung durch Kohlenstoff-Isotopenbestimmung. **Brauwissenschaft**, Nürnberg, v.33, n. 5, p. 124-126. 1980.
- SEIDL, C. **O catecismo da cerveja**. São Paulo: SENAC Editora, 2003, p.385.
- SENAI. **Conheça a cerveja**. Rio de Janeiro: Setor de documentação bibliográfica do CENATEC de Produtos alimentares do SENAI - DR/RJ, Vassouras, 1997.
- SINDICERV. **Mercado**. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br>>. Acesso em: 10 ago 2006. 2006a.
- SINDICERV. **Cerveja e Saúde**. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br>>. Acesso em: 10 ago 2006. 2006b.
- SLEIMAN, M. **Produção de cerveja com extrato de malte nas formas de xarope e pó: análise físico-química, sensorial e energética**. 2002. 110f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- SLEIMAN, M. **Determinação do percentual de malte de cevada em cervejas tipo pilsen utilizando os isótopos estáveis do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e do nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$)**. Botucatu, 2006. 87p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

STELLA ARTOIS: ícone de cerveja premium no mundo, chega ao Brasil. **Engarrafador Moderno**, Santo André, n. 134, p. 26-27, 2005.

STEWART, G. G. Adjunts. In: HARDWICK, W.A. (Ed.). **Handbook of Brewing**. New York: Marcel Dekker, 1995.. cap.7, p. 121-32.

STEWART, G. G. **A brewer's delight**. Chemistry and industry, p.706-709, nov.2000.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. New York: Academic Press, 1993. 338p.

SUHAJ, M.; KOVAC, M. Methods to detect food adulteration and authentication: 2. Alcoholic beverages. **Bulletin of Food Research**, Bratislava, v.39, n.2, p. 79-83, 1999.

TSCHOPE, E.C. **Microcervejarias e cervejarias: a história, a arte e a tecnologia**. São Paulo: Aden, 2001. 223p.

SWISTOWICS, W. Interpretation of laboratory analyses. In: BRODERICK, H.M. (Ed.) **The practical brewer: a manual for the brewing industry**. 2.ed. Madison: Impressions, 1978. cap.17, p.326-335.

VANNUCHI, C.; SILVA, C.; ALVES FILHO, F. Desce mais um!!!. **Isto é**, n. 1634, p. 72-9, 2001.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Bebidas: Tecnología, química y microbiología**. Espanha: Editorial Acribia, 1997, cap.7, p.307-375.

VENTURINI FILHO, W. G. **Fécula de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja**. Botucatu, 1993. 233p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de cerveja**. Jaboticabal: Funep, 2000. 83 p.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística experimental**. São Paulo: Atlas, 1989. 179p.

VOGEL, J.C. Variability of carbon isotope fractionation during photosynthesis. In: EHRLINGER, J.R.; HALL, A.E.; FARQUHAR, G.D. (Ed.) **Stable isotopes and plant carbon: water relations**. San Diego: Academic Press, 1993. cap.4, p. 29-46.

WINKLER, F.J.; SCHMIDT, H.L. Einsatzmöglichkeiten der ¹³C-isotopen-massenspektrometrie in der lebensmitteluntersuchung. **Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung**, Berlim, v.171, n.2, p. 85-94, 1980.

WINTER, L. Globalmente presente. **Brewing and Beverage Industry Español**. n.3, p.18-19, 2005.

Apêndice

Tabela 34 – Valores obtidos na análise físico-química do malte na fase 1.

Variáveis	R1	R2	R3	Média
Umidade(%)	9,0	8,7	9,2	9,0
Teor de Extrato (%) ps*	81,5	80,1	81,9	81,2
Velocidade de Sacarificação (minutos)	10 – 15	10 – 15	10 – 15	10 – 15
Velocidade de Filtração	Normal	Normal	Normal	Normal
Odor	Normal	Normal	Normal	Normal
Fermentabilidade Aparente (%)	81,18	81,90	79,50	80,86
Fermentabilidade Real (%)	65,76	66,20	66,10	66,02
Poder Diastático (WK) ps*	274,00	273,00	275,00	274,00
pH	5,85	6,00	5,80	5,88

R – Repetição; **ps*** – peso seco.

Tabela 35 – Valores obtidos na análise físico-química da cevada na fase 1.

Variáveis	R1	R2	R3	Média
Umidade(%)	10,3	11,1	10,8	10,7
Teor de Extrato (%) ps*	82,7	82,2	81,8	82,2

R – Repetição; **ps*** – peso seco.

Tabela 36 – Valores obtidos na análise físico-química do malte na fase 2.

Variáveis	R1	R2	R3	Média
Umidade(%)	8,5	8,1	7,9	8,2
Teor de Extrato (%) ps*	81,9	82,2	81,5	81,9
Velocidade de Sacarificação (minutos)	10 – 15	10 – 15	10 – 15	10 – 15
Velocidade de Filtração	Normal	Normal	Normal	Normal
Odor	Normal	Normal	Normal	Normal
Fermentabilidade Aparente (%)	80,20	81,10	80,50	80,60
Fermentabilidade Real (%)	64,96	65,69	65,21	65,29
Poder Diastático (WK) ps*	244,00	250,00	235,00	243,00
pH	5,70	5,30	5,90	5,63

R – Repetição; ps* – peso seco.

Tabela 37 – Valores obtidos na análise físico-química da cevada na fase 2.

Variáveis	R1	R2	R3	Média
Umidade(%)	11,1	11,3	10,8	11,1
Teor de Extrato (%) ps*	82,5	82,0	81,7	82,1

R – Repetição; ps* – peso seco.

Tabela 38 – Valores obtidos na análise físico-química da maltose de milho em pó na fase 2.

Variáveis	R1	R2	R3	Média
Umidade (%)	3,8	3,1	3,3	3,4
Teor de Extrato (%)	96,2	96,9	96,7	96,6
Odor	Característico	Característico	Característico	Característico
pH	4,50**	4,55**	4,70**	4,58**

R – Repetição; ** solução 10% do produto.

Tabela 39 – Valores obtidos para teor de extrato no mosto primário (°Brix) da fase1.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	22,7	22,7	22,2	22,4
B2	22,5	22,2	22,0	22,4
B3	21,9	21,7	21,8	21,4
Média	22,4	22,2	22,0	22,1

Tratamento1 – Mostos elaborados com 100% de malte; **Tratamento2** – Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada; **Tratamento3** – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada; **Tratamento4** – Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 40 – Valores obtidos para massa de extrato recuperado no mosto misto (g) da fase1.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	3226	2993	2868	2820
B2	3210	2959	2843	2825
B3	3240	2981	2900	2818
Média	3227	2979	2871	2823

Tratamento1 – Mostos elaborados com 100% de malte; **Tratamento2** – Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada; **Tratamento3** – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada; **Tratamento4** – Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 41 – Valores obtidos para teor de extrato (°Brix) na torta ao final da filtração da fase1.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	2,0	3,0	4,2	4,5
B2	2,2	3,1	4,3	4,8
B3	2,0	3,4	4,4	4,8
Média	2,1	3,2	4,3	4,7

Tratamento1 – Mostos elaborados com 100% de malte; **Tratamento2** – Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada; **Tratamento3** – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada; **Tratamento4** – Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 42 – Valores obtidos para o rendimento da mosturação (%) da fase1.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	80,64	74,82	71,71	70,51
B2	80,26	73,97	71,07	70,62
B3	81,00	74,53	72,49	70,46
Média	80,67	74,48	71,78	70,57

Tratamento1 – Mostos elaborados com 100% de malte; **Tratamento2** – Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada; **Tratamento3** – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada; **Tratamento4** – Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 43 – Valores obtidos para teor de extrato no mosto primário (°Brix) da fase2.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	12,6	12,2	12,2	12,4
B2	12,4	12,4	12,4	12,2
B3	12,6	12,5	12,4	12,2
Média	12,5	12,4	12,3	12,3

Tratamento1 – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento2** – Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento3** – Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento4** – Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 44 – Valores obtidos para massa de extrato recuperado no mosto misto (g) da fase2.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	1856	1834	1743	1657
B2	1890	1822	1762	1671
B3	1897	1801	1748	1686
Média	1881	1819	1752	1673

Tratamento1 – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento2** – Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento3** – Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento4** – Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 45 – Valores obtidos para teor de extrato (°Brix) na torta ao final da filtração da fase2.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	2,1	2,8	4,0	5,0
B2	1,8	3,0	3,9	5,1
B3	1,8	3,0	4,0	5,1
Média	1,9	2,9	4,0	5,1

Tratamento1 – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento2** – Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento3** – Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento4** – Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 46 – Valores obtidos para o rendimento da mosturação (%) da fase2.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	77,34	76,42	72,64	69,04
B2	78,77	75,93	73,40	69,60
B3	79,05	75,02	72,85	70,27
Média	78,39	75,79	72,96	69,64

Tratamento1 – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento2** – Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento3** – Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento4** – Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 47 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T1B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,2	12,2	12,2
Atenuação Limite (°Brix)	3,2	3,2	3,2
Fermentabilidade (%)	73,77	73,77	73,77
Cor (EBC)	21,6	21,3	21,4
Amargor (UA)	15,2	15,1	15,1
pH	5,68	5,67	5,68
Acidez Total (%m/v)	0,19	0,18	0,19

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T1 – Mostos elaborados com 100% de malte.

Tabela 48 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T2B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	3,1	3,1	3,1
Fermentabilidade (%)	74,38	74,38	74,38
Cor (EBC)	18,0	17,9	18,0
Amargor (UA)	16,2	16,8	16,5
pH	5,57	5,59	5,58
Acidez Total (%m/v)	0,18	0,22	0,20

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T2 – Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada.

Tabela 49 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T3B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	3,1	3,1	3,1
Fermentabilidade (%)	74,38	74,38	74,38
Cor (EBC)	12,4	12,5	12,4
Amargor (UA)	16,4	15,7	16,1
pH	5,66	5,77	5,72
Acidez Total (%m/v)	0,18	0,18	0,18

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T3 – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada.

Tabela 50 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T4B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,0	12,0	12,0
Atenuação Limite (°Brix)	3,1	3,1	3,1
Fermentabilidade (%)	74,17	74,17	74,17
Cor (EBC)	11,6	11,5	11,5
Amargor (UA)	14,9	15,2	15,1
pH	5,63	5,55	5,59
Acidez Total (%m/v)	0,18	0,22	0,20

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T4 – Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 51 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T1B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	3,2	3,2	3,2
Fermentabilidade (%)	73,55	73,55	73,55
Cor (EBC)	21,5	21,7	21,6
Amargor (UA)	16,1	16,2	16,2
pH	5,61	5,57	5,59
Acidez Total (%m/v)	0,17	0,19	0,18

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T1 – Mostos elaborados com 100% de malte.

Tabela 52 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T2B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	3,0	3,0	3,0
Fermentabilidade (%)	75,21	75,21	75,21
Cor (EBC)	17,6	18,0	17,8
Amargor (UA)	15,8	16,0	15,9
pH	5,52	5,55	5,54
Acidez Total (%m/v)	0,15	0,17	0,16

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T2 – Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada.

Tabela 53 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T3B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	3,0	3,0	3,0
Fermentabilidade (%)	75,21	75,21	75,21
Cor (EBC)	12,7	12,9	12,8
Amargor (UA)	16,0	16,1	16,1
pH	5,60	5,70	5,65
Acidez Total (%m/v)	0,14	0,15	0,15

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T3 – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada.

Tabela 54 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T4B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,0	12,0	12,0
Atenuação Limite (°Brix)	3,1	3,1	3,1
Fermentabilidade (%)	74,17	74,17	74,17
Cor (EBC)	11,0	11,0	11,0
Amargor (UA)	15,8	16,0	15,9
pH	5,66	5,71	5,69
Acidez Total (%m/v)	0,15	0,16	0,16

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T4 – Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 55 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T1B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	3,1	3,1	3,1
Fermentabilidade (%)	74,38	74,38	74,38
Cor (EBC)	20,3	20,4	20,3
Amargor (UA)	15,2	15,3	15,2
pH	5,55	5,52	5,54
Acidez Total (%m/v)	0,17	0,17	0,17

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T1 – Mostos elaborados com 100% de malte.

Tabela 56 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T2B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,0	12,0	12,0
Atenuação Limite (°Brix)	3,0	3,0	3,0
Fermentabilidade (%)	75,00	75,00	75,00
Cor (EBC)	17,5	17,5	17,5
Amargor (UA)	17,2	16,9	17,1
pH	5,54	5,52	5,53
Acidez Total (%m/v)	0,16	0,17	0,17

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T2 – Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada.

Tabela 57 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T3B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,2	12,2	12,2
Atenuação Limite (°Brix)	2,9	2,9	2,9
Fermentabilidade (%)	76,23	76,23	76,23
Cor (EBC)	13,1	13,2	13,2
Amargor (UA)	15,3	15,3	15,3
pH	5,55	5,57	5,56
Acidez Total (%m/v)	0,17	0,16	0,17

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T3 – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada.

Tabela 58 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

T4B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	2,8	2,8	2,8
Fermentabilidade (%)	76,86	76,86	76,86
Cor (EBC)	11,0	10,7	10,8
Amargor (UA)	16,6	16,6	16,6
pH	5,55	5,55	5,55
Acidez Total (%m/v)	0,15	0,14	0,15

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T4 – Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 59 – Valores médios obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

Variáveis	T1B1	T1B2	T1B3	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,2	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	3,2	3,2	3,1	3,2
Fermentabilidade (%)	73,77	73,55	74,38	73,90
Cor (EBC)	21,4	21,6	20,3	21,1
Amargor (UA)	15,1	16,2	15,2	15,5
pH	5,68	5,59	5,54	5,60
Acidez Total (%m/v)	0,19	0,18	0,17	0,18

T – Tratamento e B – Bloco. T1 – Mostos elaborados com 100% de malte.

Tabela 60 – Valores médios obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

Variáveis	T2B1	T2B2	T2B3	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,0	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	3,1	3,0	3,0	3,0
Fermentabilidade (%)	74,38	75,21	75,00	74,86
Cor (EBC)	18,0	17,8	17,5	17,8
Amargor (UA)	16,5	15,9	17,1	16,5
pH	5,58	5,54	5,53	5,55
Acidez Total (%m/v)	0,20	0,16	0,17	0,18

T – Tratamento e B – Bloco. T2 – Mostos elaborados com 80% de malte e 20% de cevada.

Tabela 61 – Valores médios obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

Variáveis	T3B1	T3B2	T3B3	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,2	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	3,1	3,0	2,9	3,0
Fermentabilidade (%)	74,38	75,21	76,23	75,27
Cor (EBC)	12,4	12,8	13,2	12,8
Amargor (UA)	16,1	16,1	15,3	15,8
pH	5,72	5,65	5,56	5,64
Acidez Total (%m/v)	0,18	0,15	0,17	0,17

T – Tratamento e B – Bloco. T3 – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de cevada.

Tabela 62 – Valores médios obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 1.

Variáveis	T4B1	T4B2	T4B3	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,0	12,0	12,1	12,0
Atenuação Limite (°Brix)	3,1	3,1	2,8	3,0
Fermentabilidade (%)	74,17	74,17	76,86	75,07
Cor (EBC)	11,5	11,0	10,8	11,1
Amargor (UA)	15,1	15,9	16,6	15,9
pH	5,59	5,69	5,55	5,61
Acidez Total (%m/v)	0,20	0,16	0,15	0,17

T – Tratamento e B – Bloco. T4 – Mostos elaborados com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 63 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T1B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	2,2	2,2	2,2
Fermentabilidade (%)	81,82	81,82	81,82
Cor (EBC)	14,6	14,5	14,5
Amargor (UA)	16,2	16,6	16,4
pH	5,39	5,40	5,40
Acidez Total (%m/v)	0,12	0,10	0,11

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T1** – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 64 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T2B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,0	12,0	12,0
Atenuação Limite (°Brix)	2,3	2,3	2,3
Fermentabilidade (%)	80,83	80,83	80,83
Cor (EBC)	13,2	13,2	13,2
Amargor (UA)	16,0	16,2	16,1
pH	5,47	5,48	5,48
Acidez Total (%m/v)	0,09	0,11	0,10

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T2** – Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 65 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T3B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	2,4	2,4	2,4
Fermentabilidade (%)	80,17	80,17	80,17
Cor (EBC)	12,0	12,2	12,1
Amargor (UA)	15,8	16,0	15,9
pH	5,40	5,41	5,41
Acidez Total (%m/v)	0,12	0,13	0,13

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T3 – Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 66 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T4B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,0	12,0	12,0
Atenuação Limite (°Brix)	2,5	2,5	2,5
Fermentabilidade (%)	79,17	79,17	79,17
Cor (EBC)	10,1	10,2	10,1
Amargor (UA)	16,4	16,2	16,3
pH	5,34	5,37	5,36
Acidez Total (%m/v)	0,10	0,13	0,12

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T4 – Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 67 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T1B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	2,1	2,1	2,1
Fermentabilidade (%)	82,65	82,65	82,65
Cor (EBC)	14,4	14,5	14,4
Amargor (UA)	16,0	15,9	16,0
pH	5,41	5,40	5,41
Acidez Total (%m/v)	0,12	0,13	0,13

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T1** – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 68 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T2B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,2	12,2	12,2
Atenuação Limite (°Brix)	2,2	2,2	2,2
Fermentabilidade (%)	81,98	81,98	81,98
Cor (EBC)	13,0	12,9	13,0
Amargor (UA)	15,7	15,5	15,6
pH	5,50	5,48	5,49
Acidez Total (%m/v)	0,10	0,08	0,09

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T2** – Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 69 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T3B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	2,2	2,2	2,2
Fermentabilidade (%)	80,60	80,60	80,60
Cor (EBC)	12,4	12,0	12,2
Amargor (UA)	16,0	16,1	16,1
pH	5,50	5,50	5,50
Acidez Total (%m/v)	0,10	0,09	0,10

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T3** – Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 70 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T4B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,0	12,0	12,0
Atenuação Limite (°Brix)	2,4	2,4	2,4
Fermentabilidade (%)	80,00	80,00	80,00
Cor (EBC)	10,0	10,1	10,0
Amargor (UA)	16,1	16,0	16,1
pH	5,35	5,38	5,37
Acidez Total (%m/v)	0,09	0,10	0,10

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T4** – Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 71 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T1B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	2,2	2,2	2,2
Fermentabilidade (%)	80,45	80,45	80,45
Cor (EBC)	14,8	14,7	14,7
Amargor (UA)	15,9	15,7	15,8
pH	5,45	5,30	5,38
Acidez Total (%m/v)	0,10	0,11	0,11

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T1** – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 72 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T2B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,0	12,0	12,0
Atenuação Limite (°Brix)	2,1	2,1	2,1
Fermentabilidade (%)	81,40	81,40	81,40
Cor (EBC)	13,1	13,2	13,1
Amargor (UA)	16,0	16,0	16,0
pH	5,55	5,60	5,58
Acidez Total (%m/v)	0,10	0,09	0,10

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T2** – Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 73 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T3B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,2	12,2	12,2
Atenuação Limite (°Brix)	2,3	2,3	2,3
Fermentabilidade (%)	81,82	81,82	81,82
Cor (EBC)	12,0	12,1	12,0
Amargor (UA)	15,9	15,8	15,9
pH	5,38	5,40	5,39
Acidez Total (%m/v)	0,13	0,15	0,14

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T3** – Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 74 – Valores obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

T4B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1
Atenuação Limite (°Brix)	2,5	2,5	2,5
Fermentabilidade (%)	79,17	79,17	79,17
Cor (EBC)	10,1	10,2	10,1
Amargor (UA)	16,0	16,1	16,0
pH	5,40	5,60	5,50
Acidez Total (%m/v)	0,12	0,15	0,14

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T4** – Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 75 – Valores médios obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

Variáveis	T1B1	T1B2	T1B3	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,10	12,10	12,10	12,10
Atenuação Limite (°Brix)	2,20	2,10	2,20	2,17
Fermentabilidade (%)	81,82	82,65	81,82	82,10
Cor (EBC)	14,53	14,44	14,73	14,57
Amargor (UA)	16,40	15,95	15,80	16,05
pH	5,40	5,41	5,38	5,40
Acidez Total (%m/v)	0,11	0,13	0,11	0,12

T – Tratamento e **B** – Bloco. **T1** – Mostos elaborados com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 76 – Valores médios obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

Variáveis	T2B1	T2B2	T2B3	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,00	12,20	12,00	12,07
Atenuação Limite (°Brix)	2,30	2,20	2,10	2,20
Fermentabilidade (%)	80,83	81,97	82,50	81,77
Cor (EBC)	13,18	12,95	13,10	13,08
Amargor (UA)	16,10	15,60	16,00	15,90
pH	5,48	5,49	5,58	5,52
Acidez Total (%m/v)	0,10	0,09	0,10	0,10

T – Tratamento e **B** – Bloco. **T2** – Mostos elaborados com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 77 – Valores médios obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

Variáveis	T3B1	T3B2	T3B3	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,10	12,10	12,20	12,13
Atenuação Limite (°Brix)	2,40	2,20	2,30	2,30
Fermentabilidade (%)	80,17	81,82	81,15	81,05
Cor (EBC)	12,10	12,20	12,03	12,11
Amargor (UA)	15,90	16,05	15,85	15,93
pH	5,41	5,50	5,39	5,43
Acidez Total (%m/v)	0,13	0,10	0,14	0,12

T – Tratamento e **B** – Bloco. **T3** – Mostos elaborados com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 78 – Valores médios obtidos na análise físico-química dos mostos na fase 2.

Variáveis	T4B1	T4B2	T4B3	Média
Teor de Extrato (°Brix)	12,00	12,00	12,10	12,03
Atenuação Limite (°Brix)	2,50	2,40	2,50	2,47
Fermentabilidade (%)	79,17	80,00	79,34	79,50
Cor (EBC)	10,14	10,04	10,13	10,10
Amargor (UA)	16,30	16,05	16,03	16,13
pH	5,36	5,37	5,50	5,41
Acidez Total (%m/v)	0,12	0,10	0,14	0,12

T – Tratamento e **B** – Bloco. **T4** – Mostos elaborados com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 79 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T1B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,2	4,4	4,3
Extrato Real (°Brix)	5,1	5,2	5,2
Extrato Aparente (°Brix)	3,5	3,6	3,6
pH	4,47	4,50	4,49
Acidez Total (%m/v)	0,23	0,22	0,23
Cor (EBC)	13,0	12,5	12,7
Amargor (UA)	11,7	12,1	11,9
Turbidez (EBC)	2,0	1,7	1,8
Espuma (s)	121	118	119
CO ₂ (v/v)	2,3	2,6	2,5
Fermentabilidade Real (%)	57,50	56,67	57,09
Fermentabilidade Aparente (%)	70,83	70,00	70,42

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte.

Tabela 80 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T2B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,3	4,4	4,4
Extrato Real (°Brix)	5,0	5,1	5,1
Extrato Aparente (°Brix)	3,4	3,4	3,4
pH	4,55	4,58	4,57
Acidez Total (%m/v)	0,20	0,19	0,20
Cor (EBC)	8,4	8,4	8,4
Amargor (UA)	11,7	11,6	11,6
Turbidez (EBC)	2,0	2,0	2,0
Espuma (s)	120	124	122
CO ₂ (v/v)	2,8	3,4	3,1
Fermentabilidade Real (%)	58,33	57,50	57,92
Fermentabilidade Aparente (%)	71,67	71,67	71,67

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T2 – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada.

Tabela 81 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T3B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,2	4,4	4,3
Extrato Real (°Brix)	4,8	5,0	4,9
Extrato Aparente (°Brix)	3,1	3,2	3,2
pH	4,50	4,53	4,52
Acidez Total (%m/v)	0,21	0,20	0,21
Cor (EBC)	8,1	8,0	8,1
Amargor (UA)	11,8	11,6	11,7
Turbidez (EBC)	2,0	1,7	1,8
Espuma (s)	133	129	131
CO ₂ (v/v)	3,6	3,1	3,4
Fermentabilidade Real (%)	60,00	58,75	59,38
Fermentabilidade Aparente (%)	74,17	73,33	73,75

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T3 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada.

Tabela 82 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T4B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,4	4,5	4,5
Extrato Real (°Brix)	4,7	4,6	4,7
Extrato Aparente (°Brix)	3,1	3,1	3,1
pH	4,69	4,66	4,68
Acidez Total (%m/v)	0,18	0,20	0,19
Cor (EBC)	7,6	7,7	7,6
Amargor (UA)	11,7	11,8	11,7
Turbidez (EBC)	2,2	2,2	2,2
Espuma (s)	145	140	143
CO ₂ (v/v)	3,2	3,7	3,5
Fermentabilidade Real (%)	60,83	61,67	61,25
Fermentabilidade Aparente (%)	74,17	74,17	74,17

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T4 – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 83 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T1B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,2	4,4	4,3
Extrato Real (°Brix)	5,1	5,0	5,1
Extrato Aparente (°Brix)	3,5	3,4	3,5
pH	4,79	4,79	4,79
Acidez Total (%m/v)	0,18	0,20	0,19
Cor (EBC)	11,0	10,9	10,9
Amargor (UA)	11,5	11,2	11,4
Turbidez (EBC)	2,0	2,0	2,0
Espuma (s)	131	128	129
CO ₂ (v/v)	3,0	3,5	3,3
Fermentabilidade Real (%)	57,50	58,33	57,92
Fermentabilidade Aparente (%)	70,83	71,67	71,25

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte.

Tabela 84 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T2B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,5	4,4	4,5
Extrato Real (°Brix)	4,8	4,8	4,8
Extrato Aparente (°Brix)	3,2	3,2	3,2
pH	4,76	4,75	4,76
Acidez Total (%m/v)	0,16	0,19	0,18
Cor (EBC)	8,8	8,9	8,9
Amargor (UA)	11,2	11,3	11,3
Turbidez (EBC)	2,2	2,2	2,2
Espuma (s)	130	136	133
CO ₂ (v/v)	3,0	3,2	3,1
Fermentabilidade Real (%)	60,00	60,00	60,00
Fermentabilidade Aparente (%)	73,33	73,33	73,33

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T2 – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada.

Tabela 85 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T3B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,7	4,7	4,7
Extrato Real (°Brix)	4,7	4,7	4,7
Extrato Aparente (°Brix)	3,0	3,0	3,0
pH	4,80	4,82	4,81
Acidez Total (%m/v)	0,20	0,19	0,20
Cor (EBC)	8,2	8,1	8,1
Amargor (UA)	11,1	11,3	11,2
Turbidez (EBC)	2,2	2,2	2,2
Espuma (s)	141	142	141
CO₂ (v/v)	3,3	3,8	3,6
Fermentabilidade Real (%)	60,83	60,83	60,83
Fermentabilidade Aparente (%)	75,00	75,00	75,00

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T3** – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada.

Tabela 86 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T4B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,5	4,6	4,5
Extrato Real (°Brix)	4,9	4,9	4,9
Extrato Aparente (°Brix)	3,3	3,3	3,3
pH	4,81	4,79	4,80
Acidez Total (%m/v)	0,19	0,18	0,19
Cor (EBC)	7,1	7,2	7,1
Amargor (UA)	11,6	11,7	11,6
Turbidez (EBC)	1,7	2,0	1,8
Espuma (s)	156	154	155
CO₂ (v/v)	3,9	3,7	3,8
Fermentabilidade Real (%)	59,17	59,17	59,17
Fermentabilidade Aparente (%)	72,50	72,92	72,71

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T4** – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 87 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T1B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,2	4,3	4,2
Extrato Real (°Brix)	5,1	5,2	5,2
Extrato Aparente (°Brix)	3,7	3,6	3,7
pH	4,71	4,73	4,72
Acidez Total (%m/v)	0,18	0,19	0,19
Cor (EBC)	10,5	10,9	10,7
Amargor (UA)	11,2	11,5	11,3
Turbidez (EBC)	2,0	2,0	2,0
Espuma (s)	125	127	126
CO ₂ (v/v)	3,4	3,8	3,6
Fermentabilidade Real (%)	57,50	56,67	57,09
Fermentabilidade Aparente (%)	69,17	70,00	69,59

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte.

Tabela 88 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T2B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,4	4,4	4,4
Extrato Real (°Brix)	4,9	4,8	4,9
Extrato Aparente (°Brix)	3,3	3,3	3,3
pH	4,77	4,76	4,77
Acidez Total (%m/v)	0,19	0,17	0,18
Cor (EBC)	8,8	9,3	9,0
Amargor (UA)	12,5	12,0	12,2
Turbidez (EBC)	1,7	2,0	1,8
Espuma (s)	131	132	132
CO ₂ (v/v)	3,0	3,8	3,4
Fermentabilidade Real (%)	59,17	60,00	59,59
Fermentabilidade Aparente (%)	72,50	72,50	72,50

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T2 – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada.

Tabela 89 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T3B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,7	4,7	4,7
Extrato Real (°Brix)	4,5	4,6	4,6
Extrato Aparente (°Brix)	2,8	2,9	2,9
pH	4,64	4,65	4,65
Acidez Total (%m/v)	0,17	0,20	0,19
Cor (EBC)	7,9	8,2	8,1
Amargor (UA)	12,2	11,9	12,1
Turbidez (EBC)	2,2	2,0	2,1
Espuma (s)	135	137	136
CO ₂ (v/v)	2,8	3,7	3,3
Fermentabilidade Real (%)	62,50	61,67	62,09
Fermentabilidade Aparente (%)	76,67	75,83	76,25

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T3 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada.

Tabela 90 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

T4B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,6	4,7	4,6
Extrato Real (°Brix)	4,7	4,7	4,7
Extrato Aparente (°Brix)	3,0	3,0	3,0
pH	4,66	4,66	4,66
Acidez Total (%m/v)	0,15	0,18	0,17
Cor (EBC)	7,4	7,7	7,5
Amargor (UA)	11,4	11,7	11,5
Turbidez (EBC)	2,2	2,2	2,2
Espuma (s)	138	143	140
CO ₂ (v/v)	4,0	3,6	3,8
Fermentabilidade Real (%)	60,83	60,83	60,83
Fermentabilidade Aparente (%)	75,00	75,00	75,00

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T4 – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 91 – Valores médios obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

Variáveis	T1B1	T1B2	T1B3	Média
Álcool (°GL)	4,3	4,3	4,2	4,3
Extrato Real (°Brix)	5,2	5,1	5,2	5,2
Extrato Aparente (°Brix)	3,6	3,5	3,7	3,6
pH	4,49	4,79	4,72	4,67
Acidez Total (%m/v)	0,23	0,19	0,19	0,20
Cor (EBC)	12,7	10,9	10,7	11,4
Amargor (UA)	11,9	11,4	11,3	11,5
Turbidez (EBC)	1,8	2,0	2,0	1,9
Espuma (s)	119	129	126	125
CO ₂ (v/v)	2,5	3,3	3,6	3,1
Fermentabilidade Real (%)	57,09	57,92	57,09	57,37
Fermentabilidade Aparente (%)	70,42	71,25	69,59	70,42

T – Tratamento e B – Bloco. T1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte.

Tabela 92 – Valores médios obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

Variáveis	T2B1	T2B2	T2B3	Média
Álcool (°GL)	4,4	4,5	4,4	4,4
Extrato Real (°Brix)	5,1	4,8	4,9	4,9
Extrato Aparente (°Brix)	3,4	3,2	3,3	3,3
pH	4,57	4,76	4,77	4,70
Acidez Total (%m/v)	0,20	0,18	0,18	0,19
Cor (EBC)	8,4	8,9	9,0	8,8
Amargor (UA)	11,6	11,3	12,2	11,7
Turbidez (EBC)	2,0	2,2	1,8	2,0
Espuma (s)	122	133	132	129
CO ₂ (v/v)	3,1	3,1	3,4	3,2
Fermentabilidade Real (%)	57,92	60,00	59,59	59,17
Fermentabilidade Aparente (%)	71,67	73,33	72,50	72,50

T – Tratamento e B – Bloco. T2 – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada.

Tabela 93 – Valores médios obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

Variáveis	T3B1	T3B2	T3B3	Média
Álcool (°GL)	4,3	4,7	4,7	4,6
Extrato Real (°Brix)	4,9	4,7	4,6	4,7
Extrato Aparente (°Brix)	3,2	3,0	2,9	3,0
pH	4,52	4,81	4,65	4,66
Acidez Total (%m/v)	0,21	0,20	0,19	0,20
Cor (EBC)	8,1	8,1	8,1	8,1
Amargor (UA)	11,7	11,2	12,1	11,7
Turbidez (EBC)	1,8	2,2	2,1	2,0
Espuma (s)	131	141	136	136
CO ₂ (v/v)	3,4	3,6	3,3	3,4
Fermentabilidade Real (%)	59,38	60,83	62,09	60,77
Fermentabilidade Aparente (%)	73,75	75,00	76,25	75,00

T – Tratamento e B – Bloco. T3 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada.

Tabela 94 – Valores médios obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 1.

Variáveis	T4B1	T4B2	T4B3	Média
Álcool (°GL)	4,5	4,5	4,6	4,5
Extrato Real (°Brix)	4,7	4,9	4,7	4,8
Extrato Aparente (°Brix)	3,1	3,3	3,0	3,1
pH	4,68	4,80	4,66	4,71
Acidez Total (%m/v)	0,19	0,19	0,17	0,18
Cor (EBC)	7,6	7,1	7,5	7,4
Amargor (UA)	11,7	11,6	11,5	11,6
Turbidez (EBC)	2,2	1,8	2,2	2,1
Espuma (s)	143	155	140	146
CO ₂ (v/v)	3,5	3,8	3,8	3,7
Fermentabilidade Real (%)	61,25	59,17	60,83	60,42
Fermentabilidade Aparente (%)	74,17	72,71	75,00	73,96

T – Tratamento e B – Bloco. T4 – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 95 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T1B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,7	4,8	4,7
Extrato Real (°Brix)	4,5	4,5	4,5
Extrato Aparente (°Brix)	2,7	2,7	2,7
pH	3,85	3,89	3,87
Acidez Total (%m/v)	0,14	0,16	0,15
Cor (EBC)	8,5	8,7	8,6
Amargor (UA)	11,4	11,6	11,5
Turbidez (EBC)	1,5	1,5	1,5
Espuma (s)	152	143	147
CO ₂ (v/v)	3,2	3,5	3,4
Fermentabilidade Real (%)	62,50	62,50	62,50
Fermentabilidade Aparente (%)	77,50	77,50	77,50

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T1 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 96 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T2B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,6	4,7	4,6
Extrato Real (°Brix)	4,5	4,5	4,5
Extrato Aparente (°Brix)	2,7	2,7	2,7
pH	3,92	3,94	3,93
Acidez Total (%m/v)	0,14	0,12	0,13
Cor (EBC)	7,0	7,0	7,0
Amargor (UA)	11,3	11,4	11,3
Turbidez (EBC)	1,5	1,7	1,6
Espuma (s)	144	143	143
CO ₂ (v/v)	2,8	3,0	2,9
Fermentabilidade Real (%)	62,50	62,50	62,50
Fermentabilidade Aparente (%)	77,50	77,50	77,50

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T2 – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 97 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T3B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,8	4,8	4,8
Extrato Real (°Brix)	4,6	4,6	4,6
Extrato Aparente (°Brix)	2,8	2,8	2,8
pH	3,90	3,93	3,92
Acidez Total (%m/v)	0,15	0,16	0,16
Cor (EBC)	6,5	6,3	6,4
Amargor (UA)	11,5	11,6	11,5
Turbidez (EBC)	1,7	1,5	1,6
Espuma (s)	143	144	143
CO ₂ (v/v)	3,0	3,1	3,1
Fermentabilidade Real (%)	61,67	61,67	61,67
Fermentabilidade Aparente (%)	76,67	76,67	76,67

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T3** – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 98 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T4B1			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,9	4,9	4,9
Extrato Real (°Brix)	4,9	4,9	4,9
Extrato Aparente (°Brix)	3,1	3,1	3,1
pH	3,86	3,87	3,87
Acidez Total (%m/v)	0,16	0,18	0,17
Cor (EBC)	5,4	5,6	5,5
Amargor (UA)	11,3	11,0	11,1
Turbidez (EBC)	1,7	1,7	1,7
Espuma (s)	144	140	142
CO ₂ (v/v)	3,2	3,1	3,2
Fermentabilidade Real (%)	59,17	59,17	59,17
Fermentabilidade Aparente (%)	74,17	74,17	74,17

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T4** – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 99 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T1B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,8	4,7	4,7
Extrato Real (°Brix)	4,7	4,7	4,7
Extrato Aparente (°Brix)	3,2	3,2	3,2
pH	3,93	3,90	3,92
Acidez Total (%m/v)	0,14	0,15	0,15
Cor (EBC)	9,1	8,9	9,0
Amargor (UA)	11,6	11,7	11,6
Turbidez (EBC)	1,7	1,5	1,6
Espuma (s)	151	146	148
CO ₂ (v/v)	3,0	3,1	3,1
Fermentabilidade Real (%)	60,83	60,83	60,83
Fermentabilidade Aparente (%)	73,33	73,33	73,33

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T1** – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 100 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T2B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,5	4,6	4,5
Extrato Real (°Brix)	4,5	4,5	4,5
Extrato Aparente (°Brix)	2,7	2,7	2,7
pH	3,90	3,92	3,91
Acidez Total (%m/v)	0,12	0,12	0,12
Cor (EBC)	7,1	7,1	7,1
Amargor (UA)	11,2	11,0	11,1
Turbidez (EBC)	1,5	1,5	1,5
Espuma (s)	140	149	145
CO ₂ (v/v)	2,9	2,8	2,9
Fermentabilidade Real (%)	62,50	62,50	62,50
Fermentabilidade Aparente (%)	77,50	77,50	77,50

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T2** – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 101 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T3B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,6	4,7	4,6
Extrato Real (°Brix)	4,3	4,3	4,3
Extrato Aparente (°Brix)	2,6	2,6	2,6
pH	3,95	3,95	3,95
Acidez Total (%m/v)	0,13	0,15	0,14
Cor (EBC)	6,3	6,0	6,2
Amargor (UA)	12,0	11,7	11,8
Turbidez (EBC)	1,7	1,7	1,7
Espuma (s)	152	144	148
CO₂ (v/v)	3,2	3,2	3,2
Fermentabilidade Real (%)	64,17	64,17	64,17
Fermentabilidade Aparente (%)	78,33	78,33	78,33

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T3** – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 102 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T4B2			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,8	4,8	4,8
Extrato Real (°Brix)	4,9	4,9	4,9
Extrato Aparente (°Brix)	3,1	3,1	3,1
pH	3,80	3,82	3,81
Acidez Total (%m/v)	0,16	0,16	0,16
Cor (EBC)	5,7	5,7	5,7
Amargor (UA)	11,5	11,5	11,5
Turbidez (EBC)	1,2	1,7	1,5
Espuma (s)	144	139	141
CO₂ (v/v)	3,1	3,2	3,2
Fermentabilidade Real (%)	59,17	59,17	59,17
Fermentabilidade Aparente (%)	74,17	74,17	74,17

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T4** – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 103 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T1B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,8	4,7	4,7
Extrato Real (°Brix)	4,7	4,7	4,7
Extrato Aparente (°Brix)	3,0	3,0	3,0
pH	3,66	3,80	3,73
Acidez Total (%m/v)	0,15	0,15	0,15
Cor (EBC)	8,4	8,3	8,3
Amargor (UA)	11,4	11,7	11,5
Turbidez (EBC)	1,7	1,7	1,7
Espuma (s)	139	146	143
CO ₂ (v/v)	3,0	3,2	3,1
Fermentabilidade Real (%)	60,83	60,83	60,83
Fermentabilidade Aparente (%)	75,00	75,00	75,00

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T1** – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 104 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T2B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,4	4,4	4,4
Extrato Real (°Brix)	4,9	4,9	4,9
Extrato Aparente (°Brix)	3,3	3,3	3,3
pH	3,90	3,90	3,90
Acidez Total (%m/v)	0,12	0,13	0,13
Cor (EBC)	6,8	6,9	6,8
Amargor (UA)	12,1	11,9	12,0
Turbidez (EBC)	1,7	1,7	1,7
Espuma (s)	133	146	139
CO ₂ (v/v)	3,00	3,10	3,05
Fermentabilidade Real (%)	59,17	59,17	59,17
Fermentabilidade Aparente (%)	72,50	72,50	72,50

T – Tratamento; **B** – Bloco; **R** – Repetição. **T2** – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 105 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T3B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,7	4,7	4,7
Extrato Real (°Brix)	4,6	4,6	4,6
Extrato Aparente (°Brix)	2,8	2,8	2,8
pH	3,60	3,40	3,50
Acidez Total (%m/v)	0,14	0,16	0,15
Cor (EBC)	6,0	6,3	6,1
Amargor (UA)	12,2	11,9	12,1
Turbidez (EBC)	1,5	1,7	1,6
Espuma (s)	155	137	146
CO ₂ (v/v)	2,8	3,5	3,2
Fermentabilidade Real (%)	61,67	61,67	61,67
Fermentabilidade Aparente (%)	76,67	76,67	76,67

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T3 – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 106 – Valores obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

T4B3			
Variáveis	R1	R2	Média
Álcool (°GL)	4,8	4,8	4,8
Extrato Real (°Brix)	4,7	4,7	4,7
Extrato Aparente (°Brix)	3,0	3,0	3,0
pH	3,60	3,69	3,65
Acidez Total (%m/v)	0,15	0,12	0,14
Cor (EBC)	5,4	5,7	5,5
Amargor (UA)	11,3	11,6	11,5
Turbidez (EBC)	1,7	1,2	1,5
Espuma (s)	152	146	149
CO ₂ (v/v)	3,1	3,2	3,2
Fermentabilidade Real (%)	60,83	60,83	60,83
Fermentabilidade Aparente (%)	75,00	75,00	75,00

T – Tratamento; B – Bloco; R – Repetição. T4 – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 107 – Valores médios obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

Variáveis	T1B1	T1B2	T1B3	Média
Álcool (°GL)	4,7	4,7	4,7	4,7
Extrato Real (°Brix)	4,5	4,7	4,7	4,6
Extrato Aparente (°Brix)	2,7	3,2	3,0	3,0
pH	3,87	3,92	3,73	3,84
Acidez Total (%m/v)	0,15	0,15	0,15	0,15
Cor (EBC)	8,6	9,0	8,3	8,6
Amargor (UA)	11,5	11,6	11,5	11,5
Turbidez (EBC)	1,5	1,6	1,7	1,6
Espuma (s)	147	148	143	146
CO ₂ (v/v)	3,4	3,1	3,1	3,2
Fermentabilidade Real (%)	62,50	60,83	60,83	61,39
Fermentabilidade Aparente (%)	77,50	73,33	75,00	75,28

T – Tratamento e B – Bloco. T1 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 108 – Valores médios obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

Variáveis	T2B1	T2B2	T2B3	Média
Álcool (°GL)	4,6	4,5	4,4	4,5
Extrato Real (°Brix)	4,5	4,5	4,9	4,6
Extrato Aparente (°Brix)	2,7	2,7	3,3	2,9
pH	3,93	3,91	3,90	3,91
Acidez Total (%m/v)	0,13	0,12	0,13	0,13
Cor (EBC)	7,0	7,1	6,8	7,0
Amargor (UA)	11,3	11,1	12,0	11,5
Turbidez (EBC)	1,6	1,5	1,7	1,6
Espuma (s)	143	145	139	142
CO ₂ (v/v)	2,9	2,9	3,1	3,0
Fermentabilidade Real (%)	62,50	62,50	59,17	61,39
Fermentabilidade Aparente (%)	77,50	77,50	72,50	75,83

T – Tratamento e B – Bloco. T2 – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 109 – Valores médios obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

Variáveis	T3B1	T3B2	T3B3	Média
Álcool (°GL)	4,8	4,6	4,7	4,7
Extrato Real (°Brix)	4,6	4,3	4,6	4,5
Extrato Aparente (°Brix)	2,8	2,6	2,8	2,7
pH	3,92	3,95	3,50	3,79
Acidez Total (%m/v)	0,16	0,14	0,15	0,15
Cor (EBC)	6,4	6,2	6,1	6,2
Amargor (UA)	11,5	11,8	12,1	11,8
Turbidez (EBC)	1,6	1,7	1,6	1,6
Espuma (s)	143	148	146	146
CO ₂ (v/v)	3,1	3,2	3,2	3,2
Fermentabilidade Real (%)	61,67	64,17	61,67	62,50
Fermentabilidade Aparente (%)	76,67	78,33	76,67	77,22

T – Tratamento e B – Bloco. T3 – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 110 – Valores médios obtidos na análise físico-química das cervejas na fase 2.

Variáveis	T4B1	T4B2	T4B3	Média
Álcool (°GL)	4,9	4,8	4,8	4,8
Extrato Real (°Brix)	4,9	4,9	4,7	4,8
Extrato Aparente (°Brix)	3,1	3,1	3,0	3,1
pH	3,87	3,81	3,65	3,78
Acidez Total (%m/v)	0,17	0,16	0,14	0,16
Cor (EBC)	5,5	5,7	5,5	5,6
Amargor (UA)	11,1	11,5	11,5	11,4
Turbidez (EBC)	1,7	1,5	1,5	1,6
Espuma (s)	142	141	149	144
CO ₂ (v/v)	3,2	3,2	3,2	3,2
Fermentabilidade Real (%)	59,17	59,17	60,83	59,72
Fermentabilidade Aparente (%)	74,17	74,17	75,00	74,45

T – Tratamento e B – Bloco. T4 – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 111 – Valores obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 1.

Tratamento1			
Provadores	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
1	7	8	9
2	9	7	8
3	9	9	6
4	8	7	8
5	6	8	8
6	6	8	7
7	6	7	6
8	7	7	6
9	7	8	7
10	5	6	6
11	8	5	9
12	7	9	8
13	8	7	7
14	6	8	7
15	6	7	8
16	8	9	9
17	9	9	5
18	8	9	7
19	8	6	8
20	8	8	8
21	8	7	8
22	5	9	8
23	7	6	7
24	5	6	8
25	9	7	8
26	9	7	8
27	7	7	8
28	6	7	7
29	7	9	8
30	9	9	8
Média	7,3	7,5	7,5

Tratamento1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte.

Tabela 112 – Valores obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 1.

Tratamento2			
Provadores	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
1	6	8	6
2	5	7	7
3	4	8	7
4	8	8	7
5	7	8	6
6	9	5	7
7	8	7	6
8	7	6	4
9	8	5	6
10	6	4	7
11	6	4	4
12	5	4	8
13	6	7	7
14	6	4	6
15	5	6	7
16	6	7	6
17	7	6	5
18	8	6	4
19	8	8	6
20	8	7	7
21	7	4	6
22	7	7	6
23	5	8	7
24	6	7	7
25	5	6	7
26	4	7	6
27	8	4	7
28	6	6	4
29	6	7	5
30	8	6	6
Média	6,5	6,2	6,1

Tratamento2 – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada.

Tabela 113 – Valores obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 1.

Tratamento3			
Provadores	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
1	6	3	8
2	4	8	8
3	2	2	4
4	4	6	5
5	7	8	6
6	5	7	7
7	5	8	8
8	5	8	8
9	7	4	8
10	7	4	9
11	6	7	7
12	8	8	8
13	5	2	8
14	8	4	8
15	6	3	5
16	9	6	6
17	8	7	7
18	8	7	6
19	2	8	8
20	6	8	4
21	4	4	7
22	7	7	4
23	6	4	5
24	5	8	8
25	5	8	6
26	8	6	5
27	2	5	6
28	9	4	6
29	4	5	6
30	5	6	4
Média	5,8	5,8	6,5

Tratamento3 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada.

Tabela 114 – Valores obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 1.

Tratamento4			
Provadores	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
1	7	2	6
2	6	2	1
3	9	5	5
4	7	5	2
5	5	5	2
6	4	3	6
7	5	5	6
8	1	5	6
9	4	7	8
10	5	7	5
11	7	5	8
12	7	6	8
13	6	5	8
14	4	5	8
15	4	5	8
16	5	4	8
17	4	3	2
18	5	4	1
19	5	6	7
20	4	3	3
21	5	2	5
22	4	7	4
23	7	6	3
24	5	3	5
25	5	4	5
26	5	4	5
27	6	2	4
28	4	5	2
29	4	6	3
30	3	4	5
Média	5,1	4,5	5,0

Tratamento4 – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 115 – Valores médios obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 1.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	7,3	6,5	5,8	5,1
B2	7,5	6,2	5,8	4,5
B3	7,5	6,1	6,5	5,0
Média	7,4	6,3	6,0	4,9

Tratamento1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte; **Tratamento2** – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; **Tratamento3** – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; **Tratamento4** – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 116 – Valores obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 2.

Tratamento1			
Provadores	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
1	9	7	8
2	9	9	8
3	9	9	9
4	8	7	8
5	8	8	8
6	8	8	7
7	9	7	6
8	8	9	9
9	7	8	7
10	9	8	8
11	8	9	9
12	7	9	8
13	8	7	7
14	6	8	7
15	8	7	8
16	8	9	9
17	9	9	9
18	8	9	7
19	8	6	8
20	8	8	8
21	8	7	8
22	9	9	8
23	7	6	7
24	9	9	9
25	9	7	8
26	9	8	8
27	7	7	9
28	9	8	7
29	7	9	8
30	9	9	8
Média	8,2	8,0	7,9

Tratamento1 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 117 – Valores obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 2.

Tratamento2			
Provedores	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
1	8	7	7
2	5	7	7
3	2	8	8
4	8	8	7
5	9	8	6
6	9	5	7
7	8	7	6
8	7	6	4
9	8	9	6
10	9	5	7
11	6	6	8
12	5	6	8
13	6	7	7
14	6	4	6
15	8	6	7
16	6	7	6
17	7	6	9
18	8	6	4
19	5	8	6
20	8	7	7
21	7	4	6
22	5	7	6
23	5	8	7
24	6	7	7
25	5	6	7
26	9	7	6
27	8	4	7
28	6	6	8
29	6	7	5
30	8	6	6
Média	6,8	6,5	6,6

Tratamento2 – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 118 – Valores obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 2.

Tratamento3			
Provedores	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
1	9	8	9
2	6	8	8
3	7	7	6
4	5	6	5
5	7	8	6
6	5	7	7
7	5	8	7
8	5	8	8
9	7	8	5
10	7	4	9
11	6	7	7
12	8	8	6
13	5	6	8
14	8	8	6
15	6	3	5
16	9	6	6
17	8	7	7
18	8	7	6
19	8	8	8
20	6	8	4
21	6	6	7
22	7	7	8
23	6	6	5
24	5	8	8
25	5	8	6
26	8	6	5
27	7	5	6
28	9	5	6
29	5	5	6
30	5	6	7
Média	6,6	6,7	6,6

Tratamento3 – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 119 – Valores obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 2.

Tratamento4			
Provadores	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
1	4	2	6
2	6	2	2
3	5	5	5
4	2	5	2
5	3	5	2
6	4	3	6
7	5	5	4
8	5	5	6
9	4	7	5
10	5	7	5
11	2	5	6
12	4	6	2
13	2	5	6
14	4	5	2
15	6	5	6
16	5	4	6
17	4	3	2
18	5	4	1
19	2	6	7
20	4	3	3
21	5	2	5
22	4	7	4
23	7	6	3
24	5	3	5
25	4	4	5
26	5	4	5
27	6	2	4
28	3	5	2
29	3	6	3
30	3	4	2
Média	4,2	4,5	4,1

Tratamento4 – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 120 – Valores médios obtidos na análise sensorial das cervejas na fase 2.

Blocos	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
B1	8,2	6,8	6,6	4,2
B2	8,0	6,5	6,7	4,5
B3	7,9	6,6	6,6	4,1
Média	8,0	6,6	6,6	4,3

Tratamento1 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento2** – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento3** – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento4** – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 121 – Valores obtidos na análise calorimétrica em kcal/L das cervejas na fase 1.

Tratamentos	T1			T2			T3			T4		
Blocos (1,2e3)	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetição 1	413	413	414	417	418	414	415	421	409	411	407	420
Repetição 2	414	431	424	414	421	413	419	425	423	413	411	424
Média	414	422	419	416	420	414	417	423	416	412	409	422

Tratamento1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte; **Tratamento2** – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; **Tratamento3** – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; **Tratamento4** – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 122 – Valores obtidos na análise calorimétrica em kJ/L das cervejas na fase 1.

Tratamentos	T1			T2			T3			T4		
Blocos (1,2e3)	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetição 1	1729	1729	1733	1746	1750	1733	1738	1763	1712	1721	1704	1758
Repetição 2	1733	1805	1775	1733	1763	1729	1754	1779	1771	1729	1721	1775
Média	1731	1767	1754	1740	1756	1731	1746	1771	1742	1725	1712	1767

Tratamento1 – Cervejas elaboradas com 100% de malte; **Tratamento2** – Cervejas elaboradas com 80% de malte e 20% de cevada; **Tratamento3** – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de cevada; **Tratamento4** – Cervejas elaboradas com 50% de malte e 50% de cevada.

Tabela 123 – Valores obtidos na análise calorimétrica em kcal/L das cervejas na fase 2.

Tratamentos	T1			T2			T3			T4		
Blocos (1,2e3)	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetição 1	420	418	423	417	408	418	415	421	402	422	408	410
Repetição 2	427	425	413	434	431	423	413	435	423	416	411	422
Média	424	422	418	426	420	421	414	428	413	419	410	416

Tratamento1 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento2** – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento3** – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento4** – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Tabela 124 – Valores obtidos na análise calorimétrica em kJ/L das cervejas na fase 2.

Tratamentos	T1			T2			T3			T4		
Blocos (1,2e3)	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetição 1	1758	1750	1771	1746	1708	1750	1738	1763	1683	1767	1708	1717
Repetição 2	1788	1779	1729	1817	1805	1771	1729	1821	1771	1742	1721	1767
Média	1773	1765	1750	1781	1756	1761	1733	1792	1727	1754	1714	1742

Tratamento1 – Cervejas elaboradas com 60% de malte e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento2** – Cervejas elaboradas com 50% de malte, 10% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento3** – Cervejas elaboradas com 40% de malte, 20% de cevada e 40% de maltose de milho em pó; **Tratamento4** – Cervejas elaboradas com 30% de malte, 30% de cevada e 40% de maltose de milho em pó.

Figura 5 – Ficha fornecida para cada um dos provadores para análise sensorial das cervejas.

ESCALA HEDÔNICA

Você está recebendo amostras de Cervejas, prove cuidadosamente cada amostra e avalie utilizando a escala abaixo para descrever o quanto gostou ou desgostou do produto.

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei/Nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

CÓDIGO DA AMOSTRA	VALOR
8437	
5432	
9864	
2681	

Observações:.....

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)