



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



Bernardo Pontes Guimarães

**INFLUÊNCIAS DO USO DE FLOCOS DE MILHO E ARROZ
COMO ADJUNTOS NO PROCESSO CERVEJEIRO**

BRASÍLIA – DF

2017



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



Bernardo Pontes Guimarães

INFLUÊNCIAS DO USO DE FLOCOS DE MILHO E ARROZ COMO ADJUNTOS NO PROCESSO CERVEJEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília como parte do requisito para obtenção do título de bacharel em Química Tecnológica.

Orientadora: Prof. Dr^a. Grace Ferreira Ghesti

Brasília - DF

2017

Bernardo Pontes Guimarães

**INFLUÊNCIAS DO USO DE FLOCOS DE MILHO E ARROZ
COMO ADJUNTOS NO PROCESSO CERVEJEIRO**

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a. Nádia Parachin Skorupa – IB/UnB
Examinadora Interna – IB/UnB

Prof.^a. Dr.^a. Eliana Fortes Gris – FCE/UnB
Examinadora Interna – FCE/UnB

Prof.^a. Dr.^a. Grace Ferreira Ghesti – IQ/UnB
Presidente da banca – IQ/UnB

Brasília, 06 de julho de 2017.

CIP – Catalogação Internacional da Publicação

Guimarães, Bernardo Pontes

Influências do uso de flocos de milho e arroz como adjunto
cervejeiro, Bernardo Pontes Guimarães, Brasília: UnB,
2017. 66 p.:

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília

Instituto de Química, Brasília, 2017. Orientação: Grace Ferreira
Ghesti.

1. Adjunto cervejeiro. 2. Cerveja. 3. Adjunto

I. Ghesti, Grace. II. Influências do uso de flocos de milho e arroz
como adjunto cervejeiro

CDU Classificação

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que, ao longo desses anos de faculdade, me engradeceram como aluno e pessoa, seja aqui ou fora.

Agradeço muito a meus pais, irmão e irmã. Em especial a meus pais que me proporcionaram a chance de realizar o curso que gosto, sempre me dando total apoio e carinho. A meu irmão agradeço por todas as horas me auxiliando com a elaboração deste trabalho com uma visão técnica.

Agradeço muito a meus professores que tanto me ensinaram nestes longos anos. Especialmente a Prof. Dra. Grace Ferreira Ghesti, pela orientação tanto no estágio na área cervejeira quanto no presente trabalho. Sempre me auxiliando e me esperando nos momentos mais críticos. Obrigado por me mostrar este lado da química que adentra a biologia e biotecnologia, outras áreas que tenho tanto interesse.

A meus amigos que me auxiliaram por diversas vezes, motivando-me e dando-me forças. Agradeço pelo apoio direto e suporte em tempos difíceis. Larissa, Zambrotti, Fê de Freitas.

Agradeço também aos meus amigos e colegas de laboratório (LaBCCERVa) por toda ajuda direta e indireta. Agradeço muito à Munique pelas assistências nas produções e análise de umidade, à Viviane pela assistência em produções e análises, ao mestre Lourenço pelo suporte e à Isabela pelo auxílio a lidar com a pressão.

Agradeço por toda a ajuda com as análises proteicas à Viviane, Jaziel,

Samuel, Reynaldo, Arthur e demais pesquisadores do Laboratório de Bioquímica de Proteínas (LBQP). Agradeço também ao Felipe pelas análises em CLAE.

Agradeço também à Perita Criminal Bárbara Alves Lima e à Seção de Perícias e Análises Laboratoriais (SPAL) do Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Distrito Federal pelo auxílio e análises.

I would like to thank a few friends of mine who I can always lean on and help me whenever I need. Friends I've made during my exchange year in Norway and are for life. Special thanks to Ana Luísa Gama, Bárbara Peluzo, Daniel Tran, Kačka Soušková and Lucía Gómez. Takk for alt!

“Real difficulties can be overcome;

*It is the imaginary ones that are
unconquerable”*

Theodore N. Vail

Resumo

O setor cervejeiro tem grande impacto na economia brasileira. No entanto, a quantidade de malte produzido é aproximadamente 38,20% da demanda nacional, sendo 95% utilizado na indústria cervejeira. A legislação brasileira permite a substituição de até 45% em massa sobre o extrato primitivo do malte por outros cereais. Dessa forma, arroz e o milho, que possuem uma oferta muito superior e, conseqüentemente, preços inferiores, tornam-se alternativas interessantes do ponto de vista econômico, já sendo utilizado por grandes cervejarias. Contudo, poucos estudos científicos foram relatados com utilização de adjuntos, ainda mais com a substituição de 45% em massa do malte de cevada, que é o máximo permitido por lei. Por esse motivo, foram produzidas cervejas utilizando flocos de arroz e de milho com este percentual de substituição. Avaliaram-se os efeitos proporcionados pela adição desses cereais nas características da cerveja, na estabilidade de sua espuma, no processo fermentativo e no custo financeiro em comparação a uma cerveja puro malte. As produções foram avaliadas sensorialmente por um painel de avaliadores treinados. Em comparação a uma puro malte equivalente a substituição do malte pelos cereais proporcionou uma redução de custos superiores a 15%; ao preço de uma perda na estabilidade da espuma superior a 20%, redução essa que não é muito prejudicial dada a cultura do brasileiro de apreciar cerveja sem colarinho. No que diz respeito às características físico-químicas, essas substituições proporcionaram um pH no valor de 3,97 e redução de cor de pelo menos 50%. A cerveja feita com flocos de arroz teve uma aceitação maior que a com flocos de milho para o público analisado. No geral, observou-se que a adição dos cereais à cerveja traz consigo uma perda na estabilidade da espuma, mas um ganho econômico significativo e uma cerveja mais leve.

Palavras-Chave: Cerveja, adjunto cervejeiro, estabilidade de espuma, floco de milho, floco de arroz.

Abstract

The brewing industry has a major impact on the Brazilian economy. However, the amount of barley malt produced in the country is nearly 38,20% of the national demand, 95% of which is used in the brewery industry. Brazilian legislation allows the substitution of up to 45% in mass on the primitive extract of malt by other cereals. In this way, as rice and corn have a much higher supply and, consequently, lower prices, they are economically interesting alternatives, reasons why they are already used by large breweries. However, there are few scientific reports about the utilisation of adjuncts, especially with 45% in mass of malt substitution, which is the highest allowed by the Brazilian law. So, it was produced beer with rice and maize flakes with this percentage of substitution. It was studied the effects provided by the addition of these cereals with regard to beer characteristics and the stability of its foam, as well as the financial cost in comparison to a pure malt beer. Beers were produced with the maximum permitted substitution by law using rice and maize flakes. Compared to a pure malt equivalent, the substitution for rice and maize provided a cost reduction of at least 15%, at the price of a loss in foam stability higher than 20%. Regarding physical-chemical characteristics, these substitutions provided a pH of 3.97 and colour reduction of 50%. A sensorial analysis was made for both productions by a panel of trained evaluators. In general, it has been observed that the addition of cereals to beer brings with it a loss in foam stability, but this loss is counterbalanced by a significant economic gain.

Keywords: Beer, beer adjunct, foam stability, rice flake, maize flake, corn flake.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3.	REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1	Definição de cerveja conforme Legislação Brasileira	18
3.2	Insumos Amiláceos Cervejeiros	19
3.2.1	Análise de Mercado de Insumos Amiláceos Cervejeiros	20
3.2.2	Malte de Cevada	21
3.2.3	Adjuntos	22
3.2.3.1	Milho	23
3.2.3.2	Arroz	27
3.3	Método High Gravity	27
3.4	Vantagens e Desvantagens do Uso de Adjuntos	28
3.5	Estabilidade da Espuma	29
3.6	Análise de Proteínas da Cevada/Malte	31
4.	PARTE EXPERIMENTAL	32
4.1	Matérias-primas	32
4.2	Produção da Cerveja	33
4.2.1	Mosturação	33
4.2.2	Fermentação e Maturação.....	35
4.3	Análises.....	35
4.3.1	Balanço de Massa dos Processos.....	35
4.3.2	Análise de Sacarificação.....	36
4.3.3	Análise de Densidade	36
4.3.4	Análise de pH	38
4.3.5	Análise de Coloração.....	38
4.3.6	Análise de Proteínas Totais – Método de Bradford.....	38
4.3.7	Análise de Metabólitos	38
4.3.8	Análise de Custos	39
4.3.9	Análise com PBA-B Geração M - AlcozyzerBeer	39
4.3.10	Análise de Estabilidade de Espuma.....	39
4.3.11	Análise Sensorial	39
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Balanço de Massa	40
5.1.1	Perdas na Filtração.....	40
5.1.2	Perdas na Fervura	42
5.2	Análise de Sacarificação	43
5.3	Análise de Densidade	46
5.4	Análise de pH	47
5.5	Análise de Coloração	48
5.6	Análise de Proteínas Totais.....	50

5.7	Análise de Estabilidade de Espuma	50
5.8	Análise com PBA-B Geração M - AlcoolyzerBeer	53
5.9	Análise de Metabólitos	54
5.10	Análise de Custos	55
5.11	Análise de Teor de Álcool	57
5.12	Análise Sensorial	57
6.	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	58
7.	REFERÊNCIAS.....	60

Lista de Tabelas

TABELA 1: CLASSIFICAÇÃO LEGAL DE CERVEJA QUANTO AO SEU EXTRATO PRIMITIVO, COR, TEOR ALCOÓLICO, PROPORÇÃO DE MALTE E FERMENTAÇÃO.....	18
TABELA 2: ÁREA PRODUZIDA, PRODUTIVIDADE E PRODUÇÃO NACIONAL DE CEVADA PARA AS SAFRAS DE 2016/2017.....	20
TABELA 3: ÁREA PRODUZIDA, PRODUTIVIDADE E PRODUÇÃO NACIONAL DE MILHO PARA AS SAFRAS DE 2016/2017.....	20
TABELA 4: ÁREA PRODUZIDA, PRODUTIVIDADE E PRODUÇÃO NACIONAL DE ARROZ DAS SAFRAS 2015/2016 E 2016/2017.....	21
TABELA 5: VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE ADJUNTOS.	28
TABELA 6: FRAÇÕES PROTEICAS MÉDIAS BASEADAS EM SEUS PESOS MOLECULARES.	30
TABELA 7: PROTEÍNAS E PEPTÍDEOS IDENTIFICADOS NO MOSTO CERVEJEIRO E NA CERVEJA.....	31
TABELA 8: MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NAS FABRICAÇÕES DE CERVEJA PURO MALTE EQUIVALENTE E COM FLOCO DE MILHO E DE ARROZ.....	33
TABELA 9: VALORES DE PERDAS SÓLIDAS DE FA E FM DURANTE A FILTRAÇÃO.....	42
TABELA 10: VALORES DE PERDAS LÍQUIDAS DE FA E FM DURANTE A FILTRAÇÃO.....	42
TABELA 11: VALORES DE PERDAS SÓLIDAS DE FA E FM DURANTE A FERVURA.....	43
TABELA 12: VALORES DE DENSIDADE EM GRAUS PLATOS MEDIDOS NO MOSTO PRIMÁRIO, ORIGINAL E NA CERVEJA ENVASADA RELATADOS POR OUTROS PESQUISADORES E OS OBTIDOS NESTE EXPERIMENTO.....	46
TABELA 13: LISTA DE AUTORES, OS TIPOS DE CERVEJAS PRODUZIDOS POR ELES E OS PH RELATADOS.....	47
TABELA 14: LISTA DE AUTORES, OS TIPOS DE CERVEJAS PRODUZIDOS POR ELES E AS COLORAÇÕES RELATADAS.	49
TABELA 15: VALORES DE COEFICIENTE ANGULAR DE DESINTEGRAÇÃO DA ESPUMA E SUA NORMALIZAÇÃO PELA CONCENTRAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO PARA AS AMOSTRAS PMC, FA E FM.	53
TABELA 16: VALORES DE DENSIDADE, DE TEOR ALCOÓLICO EM VOLUME E EM MASSA, DE EXTRATO PRIMITIVO E DE GRAU REAL DE FERMENTAÇÃO PARA FA, FM E PMC.	53
TABELA 17: PREÇO PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA LAGER DO TIPO PILSEN PURO MALTE E CERVEJA LAGER DO TIPO PILSEN COM FLOCOS DE ARROZ E DE MILHO.....	55
TABELA 18: VALORES DE EXTRATO PRIMITIVO E DE TEOR ALCOÓLICO OBTIDOS POR HAN ET AL. (2016) PARA CERVEJAS PURO MALTE, COM 10% E 20% DE FARINHA DE ARROZ, COM 10% E 20% DE FARINHA DE MILHO.....	57

Lista de Figuras

FIGURA 1A: FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DE CERVEJA COM ADJUNTO AMILÁCEO. 1B: FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DE CERVEJA COM ADJUNTO SACARÍNEO	25
FIGURA 2: ESQUEMA SIMPLIFICADO DAS PRINCIPAIS ROTAS METABÓLICAS PARA FORMAÇÃO DE ÁLCOOIS SUPERIORS, ÉSTERES E DIACETIL DE UMA LEVEDURA NO MOSTO....	26
FIGURA 3: RAMPA DE AQUECIMENTO UTILIZADO NAS PRODUÇÕES	34
FIGURA 4: FLUXOGRAMA DAS PRODUÇÕES DE CERVEJAS.	37
FIGURA 5: VALORES DE MÉDIA E DESVIO PADRÃO DE TRIPLICATA DE TEOR DE UMIDADE DOS BAGAÇOS PARA FA E FM.....	41
FIGURA 6: FLUXOGRAMA DO BALANÇO DE MASSA DA PRODUÇÃO DE CERVEJA COM FLOCO DE ARROZ.....	44
FIGURA 7: FLUXOGRAMA DO BALANÇO DE MASSA DA PRODUÇÃO DE CERVEJA COM FLOCO DE MILHO.....	45
FIGURA 8: VALORES DE MEDIDA ÚNICA DE DENSIDADE DO LÍQUIDO AO FIM DE CADA ETAPA DO PROCESSO PARA AS CERVEJAS FA E FM	47
FIGURA 9: VALORES DE MEDIDA ÚNICA DE PH DAS CERVEJAS PMC, FA E FM DEGASEIFICADAS.....	48
FIGURA 10: VALORES DE MEDIDA ÚNICA DE COLORAÇÃO DE CERVEJA DEGASEIFICADA PMC, FA E FM.....	50
FIGURA 11: VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO DE TRIPLICATAS DE CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA A CADA ETAPA DE FABRICAÇÃO DE FA E FM.....	51
FIGURA 12: REGRESSÃO LINEAR DO LOG DO VOLUME DE ESPUMA DA CERVEJA PMC PELO TEMPO.....	51
FIGURA 13: REGRESSÃO LINEAR DO LOG DO VOLUME DE ESPUMA DA CERVEJA FA PELO TEMPO	52
FIGURA 14: REGRESSÃO LINEAR DO LOG DO VOLUME DE ESPUMA DA CERVEJA FM PELO TEMPO	52
FIGURA 15: CONCENTRAÇÃO DE METABÓLITOS AO LONGO DAS HORAS DE FERMENTAÇÃO PARA AMOSTRA FA.....	54
FIGURA 16: CONCENTRAÇÃO DE METABÓLITOS AO LONGO DAS HORAS DE FERMENTAÇÃO PARA AMOSTRA FM.....	55
FIGURA 17: AVALIAÇÃO DO PAINEL SENSORIAL COM DESVIO PADRÃO DAS NOTAS.	58

Lista de Abreviações

BJCP	Programa de Certificação de Jurados em Cerveja
BSA	Albumina de soro bovino (<i>Bovine serum albumin</i>)
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
EBC	Convenção Europeia de Cerveja (<i>European Brewery Convention</i>)
FA	Cerveja produzida utilizando 45% de flocos de Arroz com relação ao extrato primitivo
FAN	Amino Nitrogênio livre (<i>Free amino nitrogen</i>)
FM	Cerveja produzida utilizando 45% de flocos de milho com relação ao extrato primitivo
g	Gramas
ha	Hectare
HG	<i>Processo High gravity</i> (alta densidade)
kDa	<i>Kilodalton</i>
kg	Quilograma
l	Litro
LTP1	Proteína de Transferência de Lipídeos Inespecífica 1
mg	Miligrama
min	Minuto
ml	Mililitro
nm	Nanômetro
°C	Graus Celsius
°P	Graus Platos
PIB	Produto Interno Bruto
PMC	Cerveja comercial tipo pilsen puro malte
SDS-PAGE	Eletroforese em Gel de Poliacrilamida com dodecilsulfato de sódio

SRM	Método de Referência Padrão (<i>Standard Reference Method</i>)
t	Tonelada
µL	Microlitro

1. INTRODUÇÃO

O setor cervejeiro tem grande impacto na economia brasileira, sendo responsável por 1,6% do PIB e 14% da indústria de transformação nacional, tendo produzido 12,1 bilhões de litros de cerveja entre janeiro e novembro de 2016. A região Centro-Oeste é responsável por aproximadamente 8,3% da produção nacional (CERVBRASIL, 2016).

Em grandes cervejarias, utiliza-se geralmente o método *High Gravity* (produção de cerveja concentrada) (BAMFORTH, 2006). Além da garantia de maior homogeneidade do lote (BAMFORTH, 2006), permite o barateamento da produção ao aumentar a capacidade de produção em 20 a 30%, sem custo adicionais com equipamentos, o que provoca a diminuição dos gastos com pessoal e energia, aumentando a produtividade (PIDDOCKE et al., 2009).

Industrialmente, a fim de reduzir despesas com insumos, utilizam-se outros cereais ou derivados como substitutos ao malte de cevada, conhecidos como adjuntos cervejeiros, substitutos de fonte amilácea. Logo, o processo *High Gravity* utiliza-se dessas matérias-primas, onde é otimizado pela adição de xaropes na etapa de fervura para aumentar sua densidade (BAMFORTH, 2006).

No Brasil, a quantidade de malte produzido é aproximadamente 38,20% da demanda nacional, sendo 95% utilizado na indústria cervejeira (EMBRAPA, 2012). No País, a produção de cevada foi de apenas 335,8 mil toneladas na safra de 2015-2016, enquanto a de arroz foi de 10.487,5 mil toneladas e a de milho, 83.796,3 mil toneladas no mesmo período (CONAB, 2017). O arroz e o milho possuem uma produção muito superior à da cevada, seus preços são bem menores que o da cevada, sendo preferível do ponto de vista econômico; e a legislação brasileira permite a substituição de até 45% em massa do extrato primitivo (BRASIL, 2009). Considerando esses fatos e de que o estilo de cerveja que melhor se adequa ao perfil do brasileiro é o pilsen por ser mais leve, escolheu-se esse estilo cervejeiro e os adjuntos supracitados para a pesquisa.

Contudo, o uso de adjuntos apresenta o problema de menor valor proteico para a cerveja, podendo acarretar em uma pior estabilidade de espuma e dificuldades para o crescimento da levedura por não conter aminoácidos essenciais (KUNZE, 2014). Em contrapartida, a cerveja fica mais leve, aumentando sua bebalidade. A espuma é um fator crucial para a qualidade da cerveja, podendo ser ainda mais importante em determinados tipos de cerveja. É formada como resposta à formação de bolhas de gás carbônico (CO₂) que ocorre devido à diferença de pressão. E sua estabilidade é dada devido principalmente a presença de proteínas anfóteras e substâncias coloidais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo relacionar a diferença entre cervejas lager do tipo pilsen com o percentual máximo de adjuntos amiláceos (flocos de milho e de arroz) permitido por lei na estabilidade de sua espuma e avaliar características físico-químicas e organolépticas da cerveja final.

2.2. Objetivos Específicos

- Balanço de massa da produção de cerveja utilizando 45% em peso do extrato primitivo de adjunto cervejeiro (máximo percentual permitido por lei);
- Avaliação das cervejas produzidas por meio de análises físico-químicas (densidade, pH, coloração, Bradford) e de custos.
- Avaliar o impacto dos adjuntos na fermentação e na estabilidade da espuma;
- Levantamento dos aspectos tecnológicos abordados para a utilização de adjuntos cervejeiros em questão;

- Avaliação organoléptica das cervejas produzidas.
- Classificação conforme legislação vigente.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Definição de cerveja conforme Legislação Brasileira

A legislação brasileira, por meio do decreto nº 6.871, de junho de 2009, artigo 36, afirma que cerveja é a bebida proveniente da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável (BRASIL, 2009). O artigo 38 classifica a cerveja quanto ao seu extrato primitivo, cor, teor alcoólico, proporção de malte de cevada e quanto à fermentação, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação legal de cerveja quanto ao seu extrato primitivo, cor, teor alcoólico, proporção de malte de cevada e fermentação.

Extrato Primitivo	Leve	Maior ou igual a 5% e menor que 10,5%(m/m)
	Comum	Maior ou igual a 10,5% e menor que 12%(m/m)
	Extra	Maior ou igual a 12% e menor ou igual a que 14%(m/m)
	Forte	Maior que 14%(m/m)
Cor	Clara	Até e incluso 20 EBC

	Escura	Mais de 20 EBC
	Colorida	Diferente do padrão EBC
Teor Alcoólico	Sem Álcool	Até e incluso 0,5% (v/v)
	Com Álcool	Mais de 0,5% (v/v)
Proporção de malte de cevada	Cerveja Puro Malte	100% malte de cevada como fonte de açúcar
	Cerveja	Mais de 55% de malte de cevada, em peso, sobre extrato primitivo
	“Cerveja de ...”, seguida do nome do vegetal predominante	Entre 20% e 55% de malte de cevada, sobre extrato primitivo
Fermentação	Baixa Fermentação	
	Alta Fermentação	

Fonte: BRASIL (2009) com adaptações.

3.2. Insumos Amiláceos Cervejeiros

Os insumos cervejeiros são aqueles que contribuem ativamente para a quantidade de carboidratos presentes. Neste trabalho foi abordado majoritariamente a cevada/malte, o arroz e o milho.

3.2.1. Análise de Mercado de Insumos Amiláceos Cervejeiros

A produção nacional de cevada é pequena para sua demanda e quase que exclusivamente realizada na região sul (IBGE, 2017). Portanto, a região sul é a única região produtora de cevada sobre a qual a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) possui dados (Tabela 2). Em 2012, a produção de malte de cevada supriu apenas 38,20% da demanda nacional. Desta demanda, 95% foi utilizado na indústria cervejeira (EMBRAPA, 2012). Assim, para que as maltarias nacionais possam continuar funcionando em sua total capacidade precisam importar cevada, o que encarece ainda mais sua produção. Em Brasília, o preço da saca de malte tipo Pilsen é de R\$ 220,00 por 50 kg (CANDANGOBRÄU, 2017), capaz de produzir cerca de 300 L de cerveja (KUNZE, 2014).

Tabela 2 – Área produzida, produtividade e produção nacional de cevada para as safras de 2015/2016 e 2016/2017.

Cereal	Área (mil ha)		Produtividade (kg/ha)		Produção (mil t)	
	Safra 2015/2016	Safra 2016/2017	Safra 2015/2016	Safra 2016/2017	Safra 2015/2016	Safra 2016/2017
Cevada	95,6	112,0	3.921	2.998	374,8	335,8

Fonte: CONAB (2017) com adaptações.

O milho é um cereal amplamente produzido no Brasil, tendo sua produção acima de 90 milhões de toneladas e uma área cultivada e produtividade maior que as da cevada, evidenciado na Tabela 3. Por ter um menor custo, apenas R\$27,11 por saca de 50 kg (CEPEA, 2017b) é comumente utilizado como adjunto cervejeiro.

Tabela 3 – Área, produtividade e produção nacional de milho das safras 2015/2016 e 2016/2017.

Cereal	Área (mil ha)	Produtividade	Produção (mil t)
--------	---------------	---------------	------------------

				(kg/ha)			
		Safra 2015/2016	Safra 2016/2017	Safra 2015/ 2016	Safra 2016/ 2017	Safra 2015/2016	Safra 2016/2017
Milho	1ª Safra	5.356,6	5.541,0	4.809	5.441	25.758,1	30.151,0
	2ª Safra	10.565,9	11.703,4	3.859	5.356	40.772,7	62.681,6
	Total	15.922,5	17.244,4	4.178	5.383	66.530,6	92.832,5

Fonte: CONAB (2017) com adaptações.

O arroz é outro cereal bastante produzido no Brasil e na safra 2016/2017 foi produzido um total de quase 12 milhões de toneladas na última safra, como mostrado na Tabela 4. Seu preço é barato, mas mais caro que o do milho, custando R\$ 39,70 pela saca de 50 kg (CEPEA, 2017a).

Tabela 4 – Área, produtividade e produção nacional de arroz.

Cereal		Área (mil ha)		Produtividade (kg/ha)		Produção (mil t)	
		Safra 2015/2016	Safra 2016/2017	Safra 2015/ 2016	Safra 2016/ 2017	Safra 2015/2016	Safra 2016/2017
Arroz	Sequeiro	607,7	500,9	2.028	2.234	1.232,6	1.119,2
	Irrigado	1.400,3	1.460,5	6.692	7.425	9.370,4	10.843,9
	Total	2.008,0	1.961,4	5.280	6.099	10.603,0	11.963,1

Fonte: CONAB (2017) com adaptações.

3.2.2. Malte de Cevada

A cevada é um dos cereais com maior poder diastático – medição de quantas enzimas conversoras de amido – quando propriamente germinada, por isso é utilizada maltada (SERNA-SALDIVAR, 2016). A cevada de duas fileiras geram sementes maiores, menor casca proporcionalmente e mais amido no endosperma.

O malte Pilsen tem enzimas o suficiente para quebrar até duas vezes a sua quantidade de amido (PIRES; BRÁNYIK, 2015). Outro motivo de sua utilização é o fato de sua casca funcionar como meio filtrante, auxiliando a etapa de filtração.

A composição da cevada é de aproximadamente 63 a 65% (em peso seco) de amido; 1,2 a 1,7% de açúcares redutores; 1,5 a 2,0% de nitrogênio total, sendo que 11% deste valor é de nitrogênio solúvel; celulose contribui com 9% e lipídeos 2,5%. O poder diastático é de 55°L e traços de enzimas α -amilase já estão presentes. Já o seu malte é composto de 58-61% (em peso seco) de amido, 5-7,3% de açúcares redutores; seu total de nitrogênio permanece em 1,5-2,0%, mas o nitrogênio solúvel aumenta; o teor de celulose aumenta para 5,0%; lipídeos permanecem em 2,5%. O poder diastático do malte é superior ao da cevada, chegando a 150°L, com 25,0 de atividade de enzimas α -amilase (Serna-Saldivar, 2016).

O malte de cevada fornece grande parte dos aminoácidos, vitaminas e minerais para o crescimento da levedura. Bem como as enzimas necessárias para a quebra do amido a açúcares fermentescíveis (α - e β -amilases) e proteases para quebra de proteínas a pequenos oligopeptídeos e aminoácidos (LEWIS; BAMFORTH, 2006).

3.2.3. Adjuntos

Adjunto é comumente definido como qualquer fonte de carboidrato que difira do malte de cevada, podendo ser rico em amido ou em açúcares (D'AVILA et al., 2012; REINOLD, 1997; FILHO, 2005; KUNZE, 2014). Geralmente utilizado por seu valor econômico ser menor que o do malte de cevada (KUNZE, 2014). A legislação brasileira permite o uso de dois grandes tipos de adjunto: cereais e seus derivados (até 45% do extrato primitivo) e açúcar de cana-de-açúcar, com regulamentação específica (BRASIL, 2009). Os cereais mais comuns são arroz, aveia, centeio, cevada não maltada, milho, trigo, tritcale e sorgo. Estes cereais podem ser utilizados sob a forma de malte (principalmente o trigo); *gritz* ou flocos (*flakes*); seus derivados possuem seus carboidratos hidrolisados, como no caso da adição de açúcares ricos em glicose ou maltose de milho, por exemplo, sob a forma seca ou

de xarope. O açúcar da cana-de-açúcar é completamente fermentescível e pode ser adicionado seco ou em forma de xarope.

Os adjuntos são classificados principalmente em dois grandes grupos: amiláceos, que precisam ser processados para ter seu amido hidrolisado; e açucarados, quando os carboidratos fermentescíveis já estão hidrolisados (D'AVILA et al., 2012; SANTOS, 2005). O fluxograma de produção de cerveja está apresentado na Figura 1, sendo indicado onde deve ser adicionado cada tipo de adjunto.

Os adjuntos amiláceos (com exceção do trigo e seu malte, e da cevada não malteada) contribuem quase que exclusivamente com amido ao mosto (BAMFORTH, 2009). Os adjuntos amiláceos cuja temperatura de gelatinização não superem a do malte podem ser adicionados sem tratamento prévio junto ao malte (HOUGH; GONZALEZ, 1990). Caso contrário, faz-se o uso do método de decocção, ou seja, cozinhar o adjunto em outro reator antes de sua adição ao processo de forma a aumentar a solubilização de seu amido.

Neste método, costuma-se utilizar 10% (m/m) de malte ao adjunto para que suas enzimas consigam liquefazer o amido (D'AVILA et al., 2012; SANTOS, 2005). Os flocos (*flakes*) são gelatinizados, ou seja, seu amido é solúvel mesmo a frio, podendo ser adicionado com o malte de cevada sem a necessidade de uma decocção ou emprego de reator adicional ao processo convencional (BAMFORTH, 2006; HAILU, 2016).

O uso de milho ou arroz é muito empregado para produzir uma cerveja mais límpida e com menos corpo quando comparada a uma cerveja puro malte (KUNZE, 2014).

3.2.3.1. Milho

Milho é um adjunto amiláceo não-maltado cuja composição seca é de: 73-80% carboidratos, 8-12% de proteína, 5-6% de pentanas e α -glucanos, 4% de celulose, 4-6% de lipídeos e 1,5% de cinzas (NOVOZYMES, 2013; BAMFORTH, 2006). Percebe-se que a quantidade de carboidrato presente no milho é superior a do malte (63-65%) logo, seu rendimento é maior.

O amido de milho é similar ao amido da cevada, variando a proporção de amiloses e amilopectina em sua composição. Contudo, a temperatura de gelatinização do amido de milho é superior, cerca de 60-70°C. O milho pode ser adicionado na forma de *flakes*; *gritz* ou *gritz* refinado; ou ainda, o xarope de milho (BAMFORTH, 2006; KUNZE, 2014).

Devido ao seu alto conteúdo de lipídeos, a utilização do milho como adjunto pode se revelar problemática por provocar a possibilidade de rancificação (oxidação de ácidos graxos, dando origem a um sabor desagradável de manteiga rançosa), interferindo nas propriedades organolépticas e danificando a estabilidade da espuma (D'AVILA et al., 2012). Como a maior parte deste conteúdo lipídico concentra-se no germe, geralmente o milho passa por um processo de degerminação antes de ser utilizado como adjunto para fabricação de cervejas (*gritz*) (BAMFORTH, 2006; LEWIS; BAMFORTH, 2006; PRIEST; STEWART, 2006). Ainda, pode ocorrer a degerminação seguida do processo de gelatinização que dará origem ao *flakes*. Após esses tratamentos, uma parte de proteína é perdida (diminuição de aproximadamente 25% sobre a massa seca), o que reduz a quantidade de aminoácidos (*free amino nitrogen*, FAN) prejudicando o valor nutricional da levedura (BAMFORTH, 2006).

Esse baixo nível de FAN pode provocar níveis altos de diacetil e outros subprodutos de transaminação, bem como outros produtos de fermentação indesejáveis (*off-flavors*) ao final da fermentação pela deficiência de nitrogênio. A levedura consome cerca de 200 mg de FAN por litro de mosto (HAILU, 2016; KUNZE, 2014), se esse mínimo não for atendido, há uma redução no crescimento, a fermentação e maturação são, conseqüentemente, retardados e sabores de mosto e de uma fermentação incompleta podem estar presentes (KUNZE, 2014). Isso porque para a síntese de valina, leucina e isoleucina, duas moléculas de piruvato são unidas para formar uma de α -acetolactato. O acúmulo de α -acetolactato no interior da mitocôndria obriga-a a excretá-lo para o citoplasma. A levedura, então, excreta essa molécula para o mosto, onde espontaneamente ele é descarboxilado, formando o diacetil (PIRES; BRÁNYIK, 2015). A Figura 2 mostra de forma simplificada caminhos metabólicos para formação de diacetil, álcoois superiores e alguns ésteres.

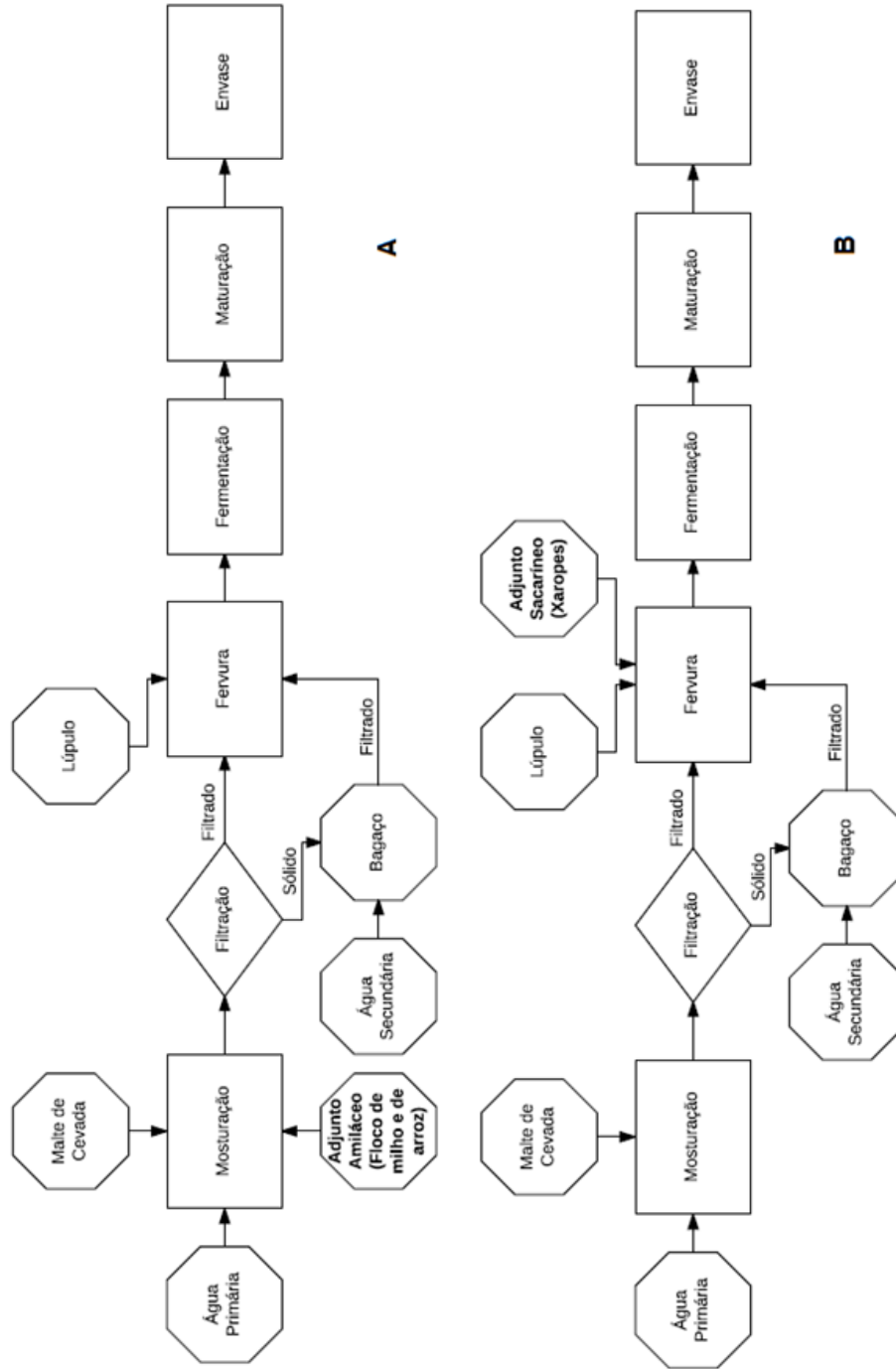


Figura 1A: Fluxograma de produção de cerveja com adjunto amiláceo. 1B: Fluxograma de produção de cerveja com adjunto sacaríneo.
 Legenda: octógonos significam adição de matéria, retângulo a parte do processo e losango separação de fases.

O *flake* é produzido a partir do griz, que é o milho moído e degerminado. O griz de milho então é aquecido com água e açúcar, sal ou extrato de malte. Os griz cozidos são então parcialmente secos para garantir uma homogeneidade da umidade. Depois o griz é prensado em um secador de tambor. O último processo eleva a temperatura a 200°C com ar quente. Neste processo, o milho passa por diversas reações físico-químicas, dentre elas, a gelatinização do amido (perda de sua cristalinidade) devido à grande absorção de água (FARRONI; BUERA, 2014). Com isso, o amido presente no griz fica solúvel mesmo a temperaturas abaixo de sua temperatura de gelatinização, 60–70°C (SOUZA; ANDRADE, 2000).

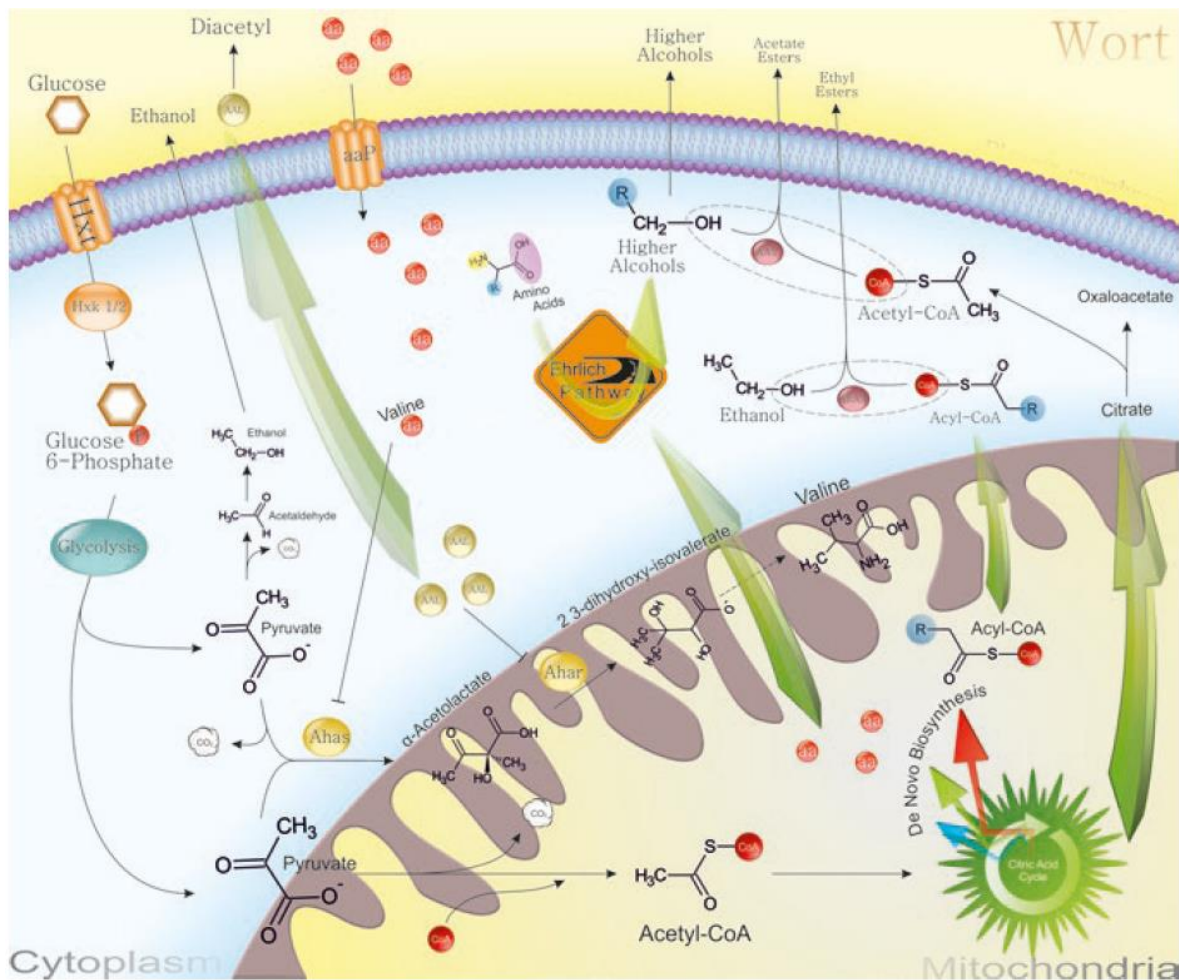


Figura 2: Esquema simplificado das principais rotas metabólicas para formação de álcoois superiores, ésteres e diacetil de uma levedura no mosto (PIRES; BRÁNYIK, 2015).

3.2.3.2. ARROZ

Os principais componentes do arroz são: 12 a 13% de umidade, 70 a 90% de carboidratos (majoritariamente amido), 5 a 8% de proteína e 0,2 a 2,2% de óleos (KUNZE, 2014; MARCONI et al., 2017). O arroz tem uma proporção de amido ainda superior a do milho e a do malte, fazendo com que seu rendimento seja consequentemente superior. Contudo, a temperatura de gelatinização do arroz é de 75,5°C (SAĞOL; TURHAN; SAYAR, 2006). Por isso sua imersão sem nenhum tipo de processamento prévio é ineficiente, pois seu amido não será todo liquefeito, consequentemente perdendo extrato. Portanto, realiza-se um processo análogo àquele descrito para o milho, com a finalidade de se produzir flocos de arroz.

Assim como o milho, o arroz não possui uma quantidade grande de FAN, portanto o uso de maltes com grandes quantidades de FAN pode ser interessante para compensar (BAMFORTH, 2006; BAMFORTH; RUSSEL; STEWART, 2011).

Como adjunto cervejeiro, o arroz deve possuir um sabor e aroma neutro, originando uma cerveja límpida e clara (BAMFORTH, 2006; MARCONI et al., 2017). Seu extrato é ligeiramente menor em nitrogênio solúvel que o milho (PRIEST; STEWART, 2006).

3.3. Método *High Gravity*

O método "*High Gravity*" (HG) é um método utilizado por grandes indústrias para aumento de produtividade, redução de custos e maior homogeneidade do lote. Ele consiste na formação de um mosto concentrado (1,5 a 2 vezes mais concentrado), que é fermentado e maturado, e só então é diluído e envasado (BAMFORTH, 2006).

Essa tecnologia permite o aumento da capacidade de produção de 20 a 30% sem custos adicionais em equipamentos, reduzindo o custo de energia e de pessoal. É utilizado principalmente por grandes cervejarias na produção de cervejas do tipo lager, em que a temperatura de fermentação é baixa, a levedura não tende a flocular, decantando ao longo do processo. Pode-se, inclusive, utilizar um mesmo fermentado concentrado para produção de diferentes tipos de cervejas (PIDDOCKE

et al., 2009). Entretanto, sabe-se que mostos concentrados geram grande estresse à levedura, o que ocasiona baixa viabilidade das células e excreção de proteases que podem ser danosas à estabilidade da espuma (BAMFORTH, 2006). Atualmente, as grandes cervejarias brasileiras trabalham utilizando este método o qual emprega o uso de adjuntos dosados diretamente na panela de fervura, ou seja, são dosados xaropes e concentrados de sacarose ou maltose.

3.4 Vantagens e Desvantagens do Uso de Adjuntos

O uso de adjuntos inicialmente deu-se pelo menor preço desses itens ante ao malte (KUNZE, 2014). Posteriormente, sua utilização foi expandida para otimizar processos HG pela adição de xaropes (BAMFORTH, 2006). Além disso, alguns adjuntos são utilizados para oferecer mais controle sobre a qualidade do produto quanto a cor e estabilidade coloidal (BAMFORTH, 2006).

A Tabela 5 aborda as vantagens e desvantagens do uso de adjuntos na produção cervejeira. Para o Brasil, um país tropical que apresenta em sua cultura o consumo quantitativo de cerveja, sabe-se que o público apresenta preferência por cervejas mais leves, logo o uso de adjuntos contribui fortemente para se ter cervejas que apresentam maior bebabilidade, menor turvação (aumento da estabilidade coloidal) e menor custo.

Tabela 5 – Vantagens e desvantagens do uso de adjuntos.

Vantagens	Desvantagens
Aumento da estabilidade coloidal	Piora da estabilidade da espuma
Aumento da bebabilidade	Pior crescimento da levedura por deficiência de nitrogênio
Cerveja mais clara	Maior produção de produtos de fermentação indesejáveis (<i>off-flavors</i>) (diacetil e álcoois superiores)

Cerveja mais barata	Processo de decocção pode encarecer e necessita de equipamento exclusivo*
---------------------	---

*** Para o uso de flakes este equipamento adicional não é requisitado, porém o uso de outros cereais que precisam de gelatinização prévia é necessário o emprego de outros reatores ao setor produtivo.**

O milho e o arroz apresentam baixos valores proteicos e baixa atividade enzimática, dificultando, assim, a sacarificação. O uso de milho ou arroz não ocasiona alterações significativas no sabor da cerveja, embora seu uso em demasia possa ocasionar um aroma de DMS (dimetilsulfeto), lembrando o de milho cozido e outros *off-flavours*, tais como manteiga, frutas e solvente, por exemplo (PIRES; BRÁNYIK, 2015; TAYLOR; DLAMINI; KRUGER, 2013).

Cervejas com mais adjuntos, tendem a ter mais álcoois superiores, que não são removidos durante a maturação (D'AVILA et al., 2012), bem como outros subprodutos de fermentação. Álcoois superiores são prejudiciais por terem um aroma forte de álcool e serem os responsáveis por causar o mal-estar associado a bebidas, a ressaca.

3.5. Estabilidade da Espuma

A espuma é composta por tensoativos, no caso, proteínas anfóteras. A espuma é formada como resposta à formação de bolhas de gás carbônico (CO₂) que ocorre dado à diferença de pressão. Ao subir, as bolhas coletam esses tensoativos. Quanto mais CO₂ dissolvido, maior a espuma a ser formada. Isso garante a formação da espuma, mas não sua estabilidade, que é o fator mais importante, já que tão logo é formada, a espuma começa a se desfazer, porém sua velocidade pode variar muito (KUNZE, 2014).

Há alguns fatores que afetam a estabilidade da espuma, seja positiva ou negativamente. As substâncias que tem efeito benéfico à espuma são proteínas de maior peso molecular (entre 10 e 60 kDa) e isohumulonas, presentes no lúpulo. Conseqüentemente, espera-se de uma cerveja mais lupulada uma espuma mais

estável. Taninos e flavanóis podem também melhorar a qualidade da espuma, desde que em sua forma não oxidada (KUNZE, 2014)

As substâncias com efeito negativo são o álcool e vários subprodutos de fermentação. A má-nutrição ou multiplicação insuficiente das leveduras é danosa à estabilidade da espuma (KUNZE, 2014). A Tabela 6 evidencia o peso molecular e a quantidade média de proteínas presente na cerveja.

Tabela 6 – Frações proteicas médias baseadas em seus pesos moleculares.

Peso Molecular de Proteínas (kDa)	Quantidade Média em Cerveja
>75	2%
35-75	8%
13-35	7,5%
10-13	22,5%
<10	60%

Fonte: MUSSCHE e PAUW (1999); KUNZE (2014).

Substâncias externas ao processo produtivo também podem afetar a estabilidade da espuma. A presença de óleos e gorduras, por exemplo, é altamente danosa à estabilidade (KUNZE, 2014).

Há também substâncias que podem ser adicionadas ao produto final a fim de melhorar a espuma. Tais substâncias são sais de ferro, níquel e zinco complexados a proteínas de alto peso molecular. Com o tempo, trocou-se o uso de íons metálicos por alginatos, goma xantana e goma arábica. Deve-se, no entanto, atentar ao fato de que em quase todos os casos apresentados há uma mudança no gosto, geralmente para algo mais leve/doce (KUNZE, 2014).

A produção de cerveja puro malte no método convencional garante uma boa estabilidade de espuma. A substituição do malte pelo adjunto prejudica a estabilidade e a nutrição da levedura.

Atualmente, o aumento no uso de adjuntos em detrimento ao malte, associado ao método de *high gravity* tem gerado efeitos negativos na estabilidade da espuma de muitas cervejas. Há várias classes de substâncias que promovem uma espuma mais concisa, proteínas, polipeptídeos, íons de metais e polissacarídeos; sendo as proteínas as mais eficazes dessas classes. Vários métodos foram desenvolvidos para a separação e caracterização de proteínas estabilizantes. Por exemplo a separação por cromatografia de interação hidrofóbica (BAMFORTH, 1985, 2006).

Verificou-se que, dentre as proteínas, certos tamanhos são mais importantes para a estabilização da espuma. Por exemplo, 8, 10 e 40 kDa foram postulados como os maiores agentes estabilizantes (LUSK, et al.,1995). Agora é aceito que a propriedade hidrofóbica é mais importante que o tamanho de forma que proteínas de maior caráter hidrofóbico tendam a causar maior estabilidade (BAMFORTH, 1985; KILCAST, 2011).

3.6. Análise de Proteínas da Cevada/Malte

As hordeínas compõem metade das proteínas da cevada, sendo composta de 4 famílias: B-hordeínas (30-45 kDa; 70% da quantidade de hordeínas), C-hordeínas (45-75 kDa, 20% das hordeínas), D- (105 kDa) e γ -hordeínas (35-40 kDa) são minoritárias (COLGRAVE et al., 2013).

No mosto, as proteínas mais abundantes encontradas por Colgrave et al. (2013) foram a LTP1 (proteína de transferência de lípidos inespecífica), tripsinas e inibidores α -amilase (CMd, CMb, CMa). Outras proteínas foram a similar a avenina, γ -hordeína-3, D-hordeínas. A lista das proteínas e suas características estão presentes na Tabela 7.

Tabela 7 – Principais proteínas e peptídeos identificados no mosto cervejeiro e na cerveja puro malte e seus pesos moleculares.

Prolaminas identificadas no mosto	Peso Molecular (kDa) ¹	Prolaminas identificadas na cerveja	Peso Molecular (kDa) ¹
-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

Similar a avenina	32,366	Similar a avenina	32,366
		Hordeína B1	33,422
		Hordeína B3	30,195
		γ -hordeína-1	34,737
γ -hordeína-3	33,189	γ -hordeína-3	33,189
Hordeína D	77,221;	Hordeína D	77,221;
	79,350;		79,350;
	80,410;		80,410;
	50,786;		50,786;
	75,108		75,108
Proteína Z	43,276;	Proteína Z	43,276;
	42,821;		42,821;
	42,947		42,947
LTP1	12,301	LTP1	12,301
LTP6	12,362		

Fonte: COLGRAVE (2013) com adaptações. ¹ THE UNIPROT CONSORTIUM (2016).

Na cerveja, não há proteínas do tipo C-hordeínas. A proteína Z tem sua massa entre 36,5 e 55,4 kDa, aproximadamente 40 kDa. Proteínas de 10-20 kDa são α -amilases, inibidores de tripsina, LTP1 (LUND; LAMETSCH; SØRENSEN, 2014).

4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1. Matérias-primas

As matérias-primas utilizadas na produção cervejeira foram: Malte Pilsen lote BL00001/17 – Marca Malte Agrária, Brasil; flocos de arroz: Flocão de Arroz lote – 03/17 Marca Mainha, Brasil; flocos de milho: Flocão de Milho – lote 04/17 Marca Mainha, Brasil; água duplamente filtrada em filtro de carvão ativado; lúpulo Magnum

em pellets T90 – 12,30% α -ácidos, lote 15-708, marca HallertauHallertauer, Alemanha; e levedura DryLagerYeast – lote18599 308 1005, marca Fermentis, França. O padrão de cerveja comercial foi a cerveja Pilsen puro malte – 4,5%(v/v), lote 197, marca Maniacs Brewing Co., Brasil.

4.2. Produção da cerveja

A produção das cervejas foi realizada em escala laboratorial, com produções em reatores de 30 L em batelada. A Tabela 8 mostra a quantidade utilizada das matérias-primas para a produção da cerveja Pilsen com flocos de milho e de arroz.

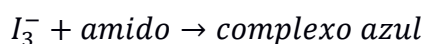
Tabela 8 – Matérias-primas utilizadas nas fabricações de cerveja puro malte equivalente e com floco de milho e de arroz.

Quantidade			
Matéria Prima	Pilsen Puro Malte	Pilsen com floco de milho	Pilsen com floco de arroz
Água filtrada Inicial	21 L	21 L	21 L
Água filtrada de lavagem	12,5 L	12,5 L	12,5 L
Malte Pilsen	4,7651 kg	2,6208 kg	2,6208 kg
Adjunto	-	2,2776 kg	2,1608 kg
Lúpulo Magnum	10 g	10 g	10 g

4.2.1 Mosturação

A mosturação utilizada consistiu na infusão do malte pilsen com insumos amiláceos a 52°C para atuação das proteases existentes no malte. Essa etapa tem por função o aumento da quantidade de FAN, pela degradação de proteínas. Em

seguida, elevou-se a temperatura até 63°C, temperatura de atuação das enzimas β -amilase. A enzima β -amilase é uma exoenzima que tem como único produto a maltose, o sacarídeo de maior importância para o processo cervejeiro. Em seguida, elevou-se a temperatura a 72°C, temperatura de atuação da enzima α -amilase. A enzima α -amilase é uma endoenzima, ela fragmenta o amido em dois, tendo como produtos vários carboidratos, em especial, glicose, maltotriose e dextrinas (oligossacarídeos não-fermentescíveis). Durante esta etapa, realizou-se o teste de iodo (solução 2%). A coloração da reação é devido à interação do íon triiodeto com a hélice do polissacarídeo.



A rampa de aquecimento utilizada está representada na Figura 3, e o fluxograma das produções na Figura 4.

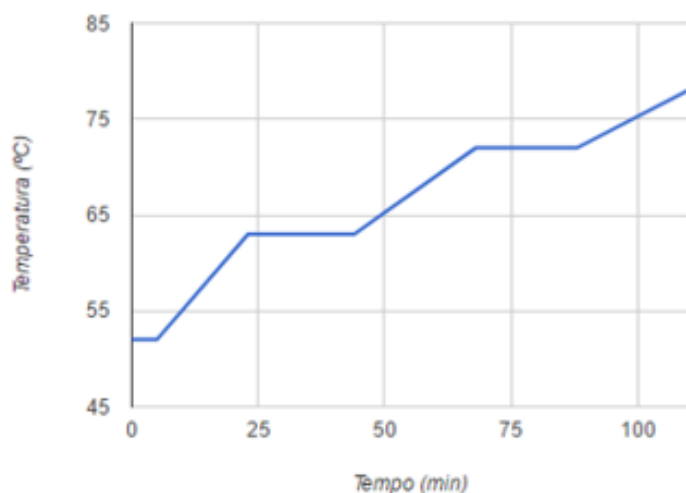


Figura 3: Rampa de aquecimento utilizado nas produções.

O malte e adjuntos amiláceos foram arreados a 52 °C em 21 L de água filtrada e permaneceram 5 minutos a essa temperatura. A mistura então ficou em repouso a 63 °C por 20 minutos; e a 72 °C por 20 minutos, tendo sido realizado o teste de iodo a cada 5 minutos durante o último repouso. Então elevou-se até 78 °C, para a transferência para a etapa de clarificação, quando o mosto foi transferido para a tina de clarificação. Realizada a recirculação de 8 L de água, para garantir a

quantidade mínima de partículas sólidas e a formação da cama de filtração, o mosto foi filtrado.

O bagaço foi lavado com 12,5 L de água a 78°C, seguido de recirculação de 8 L para clarificação. Então, o mosto foi transferido para a panela de fervura, na qual se ferveu por 60 minutos com adição de 10 g de lúpulo de amargor a 30 minutos do fim da fervura. Depois, resfriou-se o mosto e transferiu-o para um fermentador.

4.2.2 Fermentação e Maturação

O mosto foi fermentado com adição de 11,5 g de levedura DryLagerYeast por 240 horas a 11 °C e maturado por 168 horas a 1 °C em mesmo fermentador. Então foi envasado em garrafas âmbar de 600 mL com *priming*, ou seja, adicionou-se 20 mL de uma solução 125 g/mL de açúcar cristal (98% sacarose) para que ocorresse a carbonatação da cerveja dentro da garrafa.

4.3. Análises

4.3.1. Balanço de massa dos processos

Realizou-se o balanço de massa de cada uma das produções, identificando a transferência de massa entre reatores ou fermentadores. Para calcular as perdas durante os processos, são necessários os valores de umidade dos bagaços, medidos de acordo com o método *Brewer's Grains – 3* (ASBC, 2011).

Perdas na Filtração:

Como nem todo o sólido é solubilizado, há uma perda sólida. Essa perda é esperada e desejada, pois ela é o meio filtrante do processo.

Perdas Sólidas:

$$P_s = \frac{BxSx100}{m_{cerais}} = \frac{Bx(1-U_{bagaço})x100}{m_{cerais}(1-U_{cerais})} \text{ [Eq. 2]}$$

Onde P_s é a perda sólida (%), B é a massa de bagaço úmido (kg); S é a massa de cereais seca do bagaço (%); $U_{\text{bagaço}}$, o teor de umidade do bagaço (%); m_{cereais} , a massa de cereais (kg) e U_{cereais} , a umidade dos grãos secos.

Perdas Líquidas:

O bagaço absorve água durante o processo de mosturação, ocasionando em uma perda líquida. A Eq. 3 mostra o cálculo de perda líquida.

$$P_L = \frac{[Bx(U_{\text{bagaço}} - U_{\text{cereais secos}})]x100}{V_e} \text{ [Eq. 3]}$$

Onde P_L é a perda líquida; B a massa de bagaço (kg) e V_e a massa de água de entrada (kg).

Perdas na Fervura:

Durante a fervura há a perda de matéria por evaporação e pelo espaço morto da panela, onde concentram-se os complexos proteína-polifenóis e outras substâncias removidas pelo *whirlpool*.

Perdas Líquidas:

$$P_L = \frac{100x(T+E)}{V_e} \text{ [Eq. 4]}$$

Em que P_L é a perda sólida, T é a massa de trub quente; E, a massa de água evaporada e V_e a massa de água de entrada.

4.3.2. Análise de Sacarificação

Para as análises dos mostos, durante o repouso a 72°C, fez-se o teste de iodo para avaliar a sacarificação do amido. O teste consiste na adição de 1 gota de solução 2% de iodo em alguns mililitros de mosto em uma placa de poços.

4.3.3. Análise de Densidade

Aferiu-se a densidade ao fim de cada etapa produtiva (água primária, água secundária, fervura, fim da fermentação e cerveja pronta) utilizando-se um refratômetro.

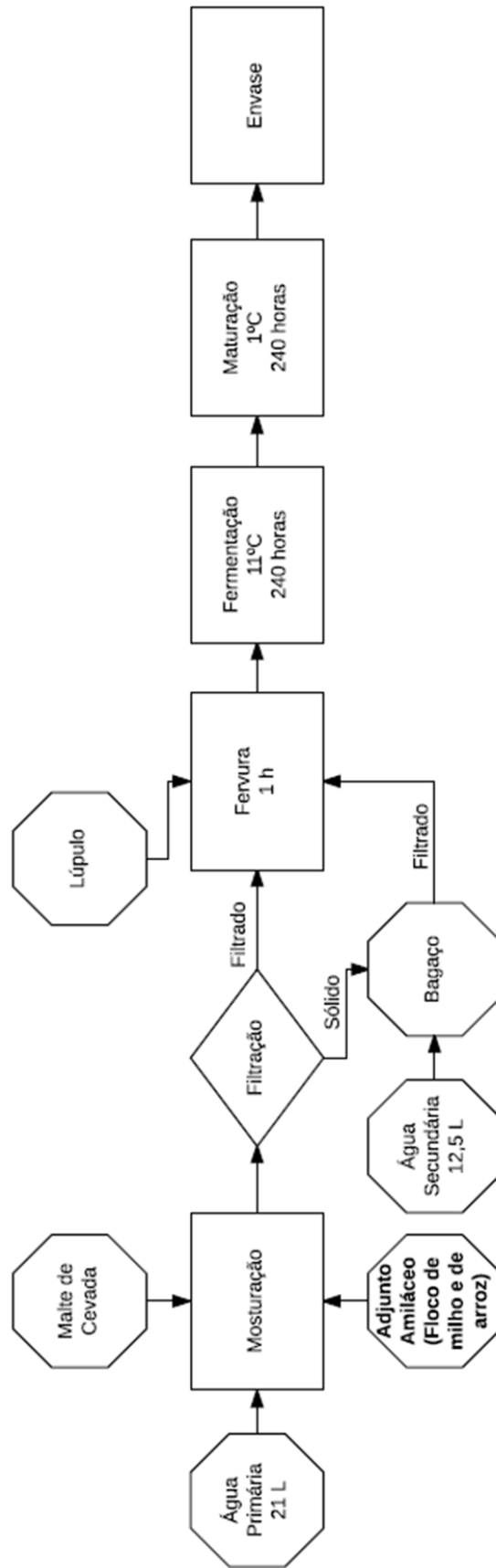


Figura 4: Fluxograma das produções de cervejas.

4.3.4. Análise de pH

A análise de pH foi realizada em um pHmetro de bancada, Q400AS- Quimis.

4.3.5. Análise da coloração

A coloração foi determinada por meio da absorvância de luz medida a 430 nm conforme Beer-10 (ASBC, 2011) em aparelho de espectrofotômetro UD 650 na região do visível. O valor da absorção foi então multiplicado pelo fator de 25 para que se encontrasse a coloração em EBC e 12,7 no sistema de coloração americano SRM.

4.3.6. Análise de proteínas totais – Método de Bradford

A quantificação de proteína foi realizada utilizando-se o Método de Bradford, segundo indicado pela Bio-Rad®.

. Utilizou-se 5 µL de amostra em 250 µL do reagente de Bradford previamente diluído em razão de 1:4 em uma placa de 96 poços. As soluções descansaram por 10 minutos até a leitura em um fotômetro no comprimento de onda de 595 nm. Os valores referentes à concentração de proteínas no mosto foram calculados por meio de uma curva analítica contendo o padrão de albumina de soro bovino (BSA).

4.3.7. Análise de Metabólitos

A análise de metabólitos foi feita em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) com coluna de troca iônica SHIMADZU LC Column Shim-Pach SCR-101H de dimensões 7,9 mm x 30 cm, com diâmetro de partícula de 10 µm. A fase estacionária utilizada foi a *H-type sulfone group* e a fase móvel foi ácido sulfúrico 5 mM. O fluxo foi de 0,6 mL/min, a temperatura da coluna foi de 60°C com tempo de corrida de 26 minutos. Esta análise quantifica os metabólitos ao longo da fermentação, em especial, os carboidratos fermentescíveis no mosto (glicose, maltose e maltotriose) e os principais produtos de fermentação (glicerol e etanol).

4.3.8. Análise de Custos

Como um dos principais motivos para utilização de adjuntos é o preço, calculou-se o preço de cada produção e o proporcional a uma cerveja puro malte equivalente. Valores utilizado para cervejeiros artesanais.

4.3.9. Análise com PBA-B Geração M - *AlcolyzerBeer*

Para determinar teor de álcool, extrato original, teor de CO₂, e grau de fermentação real das cervejas utilizou-se o sistema de medição modular para análise de cerveja PBA-B Geração M – Anton Paar, acoplado ao Alcolyzer Plus Beer e ao medidor de densidade (DMA 5000 M).

4.3.10. Análise de Estabilidade de Espuma

Para determinar a estabilidade de espuma, derramou-se aproximadamente 300 mL de cerveja com fluxo laminar e inclinação próxima de 90° em uma proveta de 1000 mL. Inseria o líquido até que a marca de 1000 mL fosse atingida pela espuma. Neste instante, anotou-se o volume de líquido inicial e o volume de líquido e espuma. Esses dois pontos foram anotados então a cada 30 segundos por 10 minutos. Como a formação de espuma é diretamente proporcional à formação de bolhas de gás carbônico, normalizou-se os coeficientes angulares de cada regressão linear da desintegração da espumas pela concentração de CO₂.

4.3.11. Análise Sensorial

A análise descritiva quantitativa (ADQ) foi feita de acordo com a norma NBR 14140 (ABNT, 1998) para identificação de quantificação as propriedades sensoriais na seguinte ordem: aparência, aroma, textura (sensação de boca), sabor, além da impressão geral. Os avaliadores foram previamente treinados a fim de identificar os sabores desejados ou não mais comuns da fabricação de cerveja.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Balanço de Massa

A fim de realizar o balanço de massa, mediu-se o volume e densidade nas etapas onde há maiores perdas – filtração e fervura. As Figuras 6 e 7 mostram as massas em cada etapa do processo, identificando a transferência de massa entre reatores ou fermentadores com setas duplas e adição ou remoção de matéria com seta simples. Como a maturação foi feita no mesmo fermentador que a fermentação, uma seta simples foi utilizada. Com isso pôde-se calcular perdas sólidas e líquidas nas etapas de filtração e de fervura.

A produção contendo *flake* de milho obteve um maior rendimento de líquido (14,6 kg) ao comparar com o *flake* de arroz (14 kg). Brasil (2016) obteve para uma produção análoga com materiais de entrada sendo 5 kg de cereais e 40 kg de água. A massa de bagaço foi 11,8 kg, 3,2 kg de trub e 19,2 kg de mosto frio. Os valores de entrada são muito similares ao utilizado no presente trabalho, mas com maior adição de água (cerca de 10 kg a mais). A pesquisadora relatou uma massa cerca de duas vezes a apresentada por FA ou FM, e obteve uma massa de mosto frio similar a relatada neste trabalho (19,5 kg).

A Figura 6 mostra os teores de umidade dos bagaços. Observou-se que o teor de umidade dos bagaços obtidos das amostras FA (84,75%) e FM (84,85%) foram maiores que os encontrados por Reis (2016) de 76,927% e 75,490%, para puro malte e com 45% de griz de milho, respectivamente.

5.1.1. Perdas na Filtração

Para calcular a eficiência da etapa de filtração, calculou-se a perda sólida e líquida no processo, conforme Eq. 2 e 3.

O processo de filtração possui uma perda sólida, o bagaço de cereais úmidos. Para isso, utiliza-se do teor de umidade para quantificar a massa de cereais seca, que é a massa do bagaço úmido descontado o teor de água, conforme ilustrado na Eq. 2 e os resultados dispostos na Tabela 9.

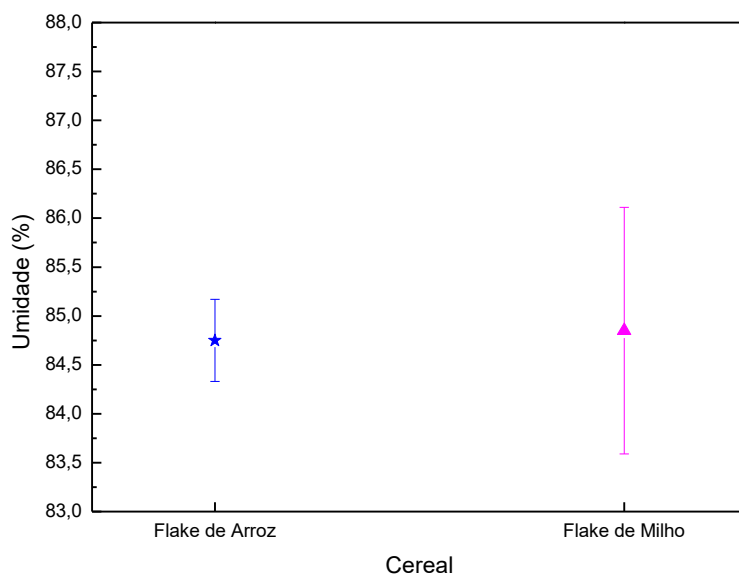


Figura 5: Valores de média e desvio padrão de triplicata de teor de umidade dos bagaços para FA e FM. Legenda: azul - FA, rosa - FM.

A amostra FM teve uma perda sólida menor do que a apresentada por FA, o que significa que foi melhor solubilizada, podendo ocasionar um bolo filtrante pior quando aumentada a escala. A análise sensorial detectou um dulçor característico por conter frações de dextrinas que conferem um sabor adocicado à cerveja.

O bagaço absorve água durante o processo de mosturação, ocasionando em uma perda líquida. Calculou-se pela Eq. 3 o valor de perda líquida para as amostras e o resultado está contido na Tabela 10.

As perdas líquidas em ambos os casos (FA e FM) foram próximas a 12,58% de perda. Os adjuntos, por não contribuírem com bagaço (casca), proporciona uma perda maior de líquido quando comparado a um mosto contendo

apenas malte de cevada. As perdas líquidas calculadas foram próximas ao mosto de 45%(m/m) de griz de milho que obteve 13,11% e de puro malte, 13,45%.

5.1.2. Perdas na Fervura

A partir da Eq. 4, calculou-se as perdas de matéria durante a fervura, os dados estão expostos na Tabela 11.

Tabela 9 – Valores de perdas sólidas de FA e FM durante a filtração.

Amostra	Massa de bagaço (kg)	Umidade do Bagaço (%)	Massa de cereais (kg)	Umidade dos cereais secos (%)	Perda sólida (%)
FA	5,8	84,75	4,4216	12,47	21,13
FM	5,52	84,85	4,5384	8,27	18,43

Tabela 10 – Valores de perdas líquidas de FA e FM durante a filtração.

Amostra	Massa de bagaço (kg)	Umidade do Bagaço (%)	Umidade dos cereais secos (%)	Massa de água de entrada (kg)	Perda líquida (%)
FA	5,8	84,75	12,47	33,5	12,51
FM	5,52	84,85	8,27	33,5	12,64

Os valores encontrados foram menores que os relatados por Brasil (2016), que encontrou 34,20% para o mosto de puro malte e 40,26% para o mosto de griz de milho. A amostra de puro malte da pesquisadora, por ter mais proteínas e polifenóis, é esperado que desse acima dos dados obtidos neste trabalho, a de griz deveria ter sido menor que a de cevada, por ter menos proteínas, ou a evaporação foi mais intensa.

Tabela 11 – Valores de perdas sólidas de FA e FM durante a fervura.

Amostra	Massa de Trub (kg)	Massa de água evaporada (kg)	Massa de água de entrada (kg)	Perda sólida
FA	3,1629	4,11	33,5	21,71
FM	3,1400	5,2	33,5	24,90

5.2. Análises de Sacarificação

Realizou-se o teste de iodo nas cervejas prontas para analisar se o mosto foi sacarificado. As amostras FA e FM apresentaram resultados positivo, apresentando ainda amido sem ser solubilizado. Esse resultado positivo já era esperado uma vez que a proporção amido:proteína:enzimas foi alterado com a adição de adjuntos na mostura. Logo, a hidrólise do amido foi prejudicada por dois aspectos: tanto pela etapa de entumescimento do amido quanto a quantidade reduzida de enzimas aptas a quebrar as ligações amilolíticas.

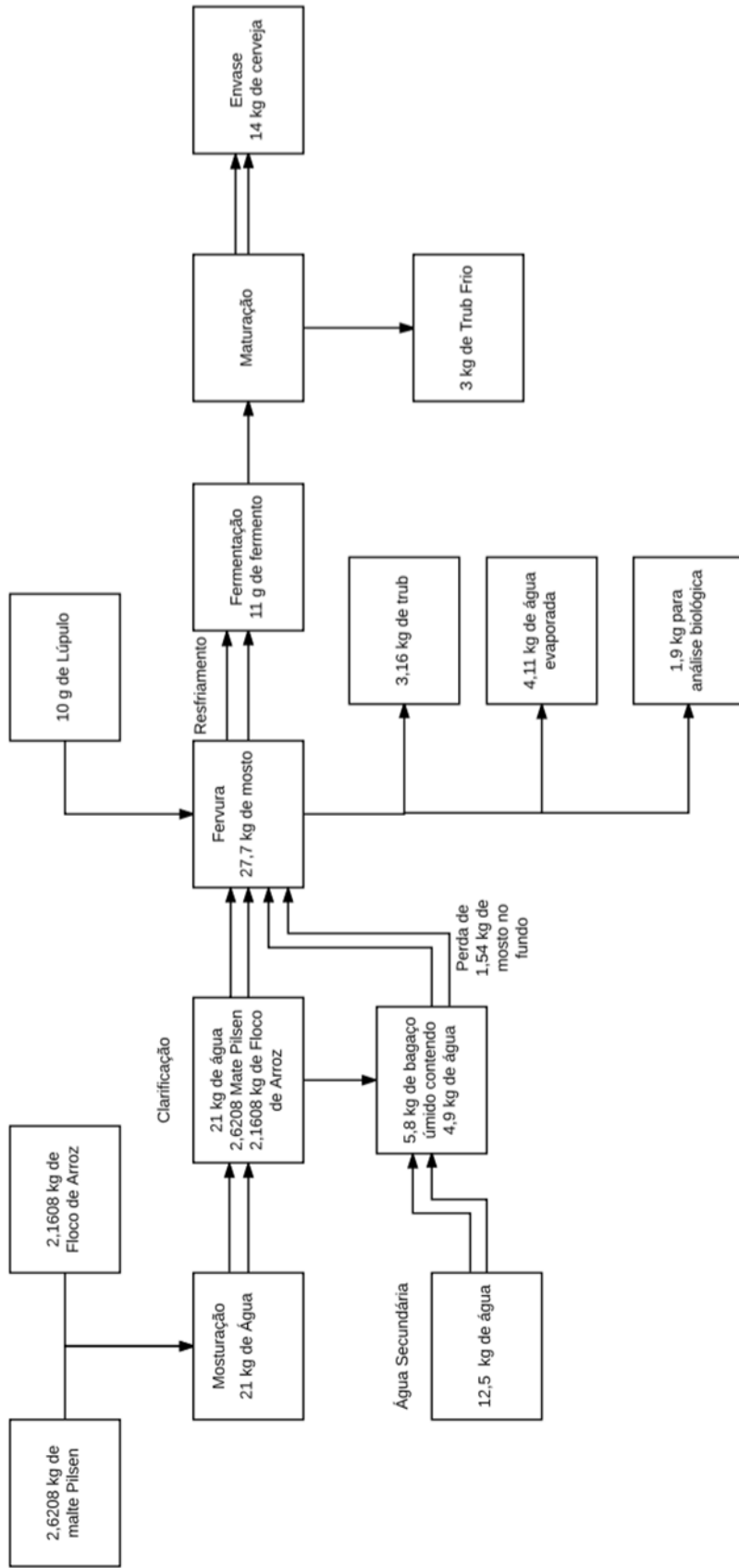


Figura 6: Fluxograma do balanço de massa da produção de cerveja com flocco de arroz. Legenda: Setas simples entrada ou saída de massa, seta dupla transferência de massa externa.

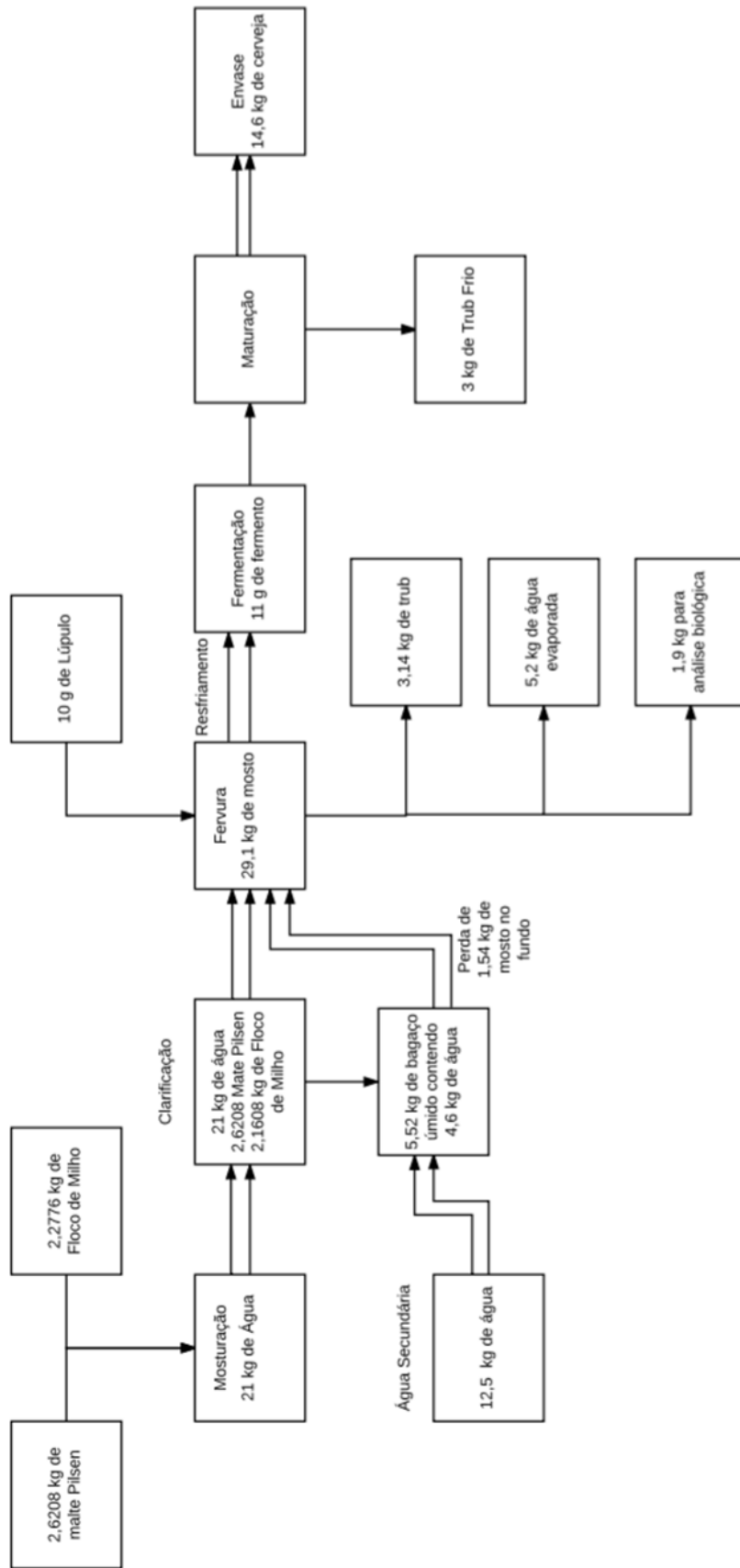


Figura 7: Fluxograma do balanço de massa da produção de cerveja com flocos de milho. Legenda: Seta simples entrada ou saída de massa, seta dupla transferência de massa externa.

5.3. Análise de Densidade

O objetivo desta análise foi verificar como a densidade se comporta em cada produção, verificando a solubilização dos componentes das matérias primas em cada processo. A Figura 8 mostra os valores de densidade aferidos a cada etapa do processo e a Tabela 12 compara os valores obtidos com os reportados por pesquisadores com produções similares. As amostras FA e FM apresentaram uma mesma extração, tanto na água primária quanto na água de lavagem. Essa diferença nos valores é devido a não sacarificação do amido, reduzindo a quantidade de açúcar fermentescível e aumentando a densidade do mosto.

Tabela 12 – Valores de densidade em graus Platos medidos no mosto primário, original e na cerveja envasada relatados por outros pesquisadores e os obtidos neste experimento.

Autor	Cerveja	Mosto Primário (°P)	Mosto Original (°P)	Cerveja Envasada (°P)
Reis, 2016	Puro Malte	15,2	12,5	2,4
	45% griz de milho	13,4	11,18	2,8
Brasil, 2016	45% malte de trigo sarraceno	-	11,6	7,2
Própria Autoria	45% floco de arroz	15	13,37	3,9
	45% floco de milho	15	11,9	4,2

5.4. Análise de pH

A Figura 9 mostra que as amostras PMC, FA e FM obtiveram valores de pH próximos, cerca de 0,10 de diferença. Os valores de pH de FA e FM foram próximos ao encontrado por Reis (2016) em cerveja produzida com 45% em massa de griz de milho, e menor que o reportado por Poreda et al. (2014) em suas amostras puro malte e com adição 10% e 20% griz de milho, conforme exposto na Tabela 13. Para o consumidor, essa acidez um pouco maior é benéfica porque cervejas mais ácidas tendem a ter maior bebabilidade por promover uma maior secura da boca.

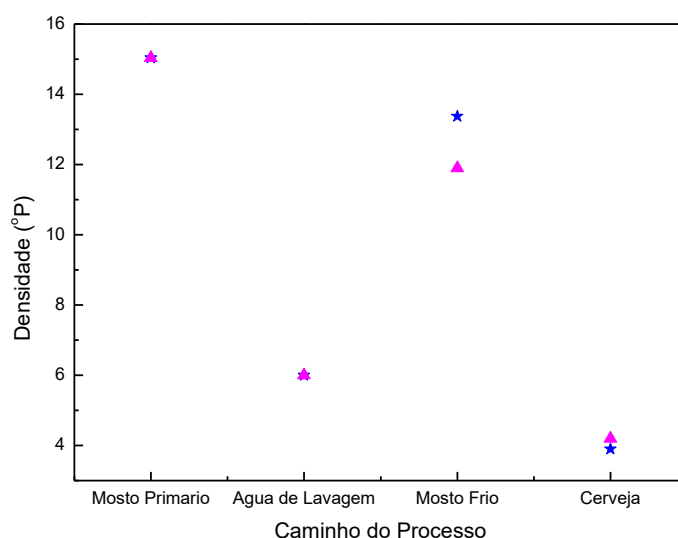


Figura 8: Valores de medida única de densidade do líquido ao fim de cada etapa do processo para as cervejas FA e FM. Legenda: azul – FA, rosa – FM.

Tabela 13 – Lista de autores, os tipos de cervejas produzidos por eles e os pH relatados.

Autor	Cerveja	pH
Reis, 2016	Puro Malte	4,45

	45% griz de milho	4,13
Poreda et al. (2014)	10% griz de milho	4,6
	20% griz de milho	4,6
Própria Autoria	45% floco de arroz	3,97
	45% floco de milho	3,98

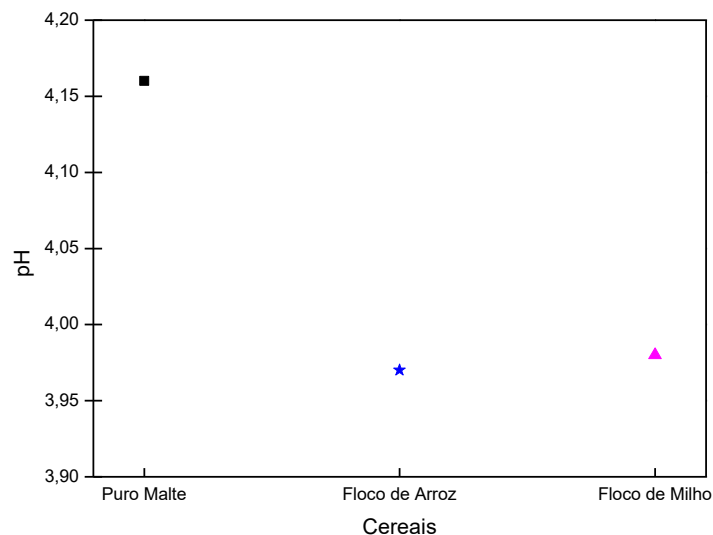


Figura 9: Valores de medida única de pH das cervejas PMC, FA e FM degaseificadas. Legenda: Preto – PMC, azul – FA, rosa – FM.

5.5. Análise de Coloração

A análise de coloração por absorção a 430 nm, Figura 10, mostra que os adjuntos não fornecem cor à cerveja. O floco de milho apresentou um resultado menor que o do arroz.

De acordo com o *Beer Judge Certification Program* (BJCP, 2015) a coloração esperada para uma *Standard American Lager* é de 2 a 4 SRM, por tanto, a utilização

de adjuntos em nada compromete o estilo no que tange a coloração. A amostra PMC é uma *German Pils*, de acordo com o BJCP (2015) sua coloração é entre 2 e 5 SRM. Entretanto, como o consumidor visa consumir uma cerveja pilsen, a falta de coloração pode ser visto como um defeito, o que demanda uma correção da coloração com utilização de corante caramelo. Correção essa empregada na indústria alimentícia e que utiliza caramelo produzido a partir de açúcar de milho.

Esses valores foram abaixo do encontrado por outras pesquisadoras para suas cervejas de puro malte e de griz de milho e malte de trigo sarraceno. Ambas as pesquisadoras obtiveram colorações mais escuras que aquelas típicas de pilsens, de 2 até 5 SEM, como evidenciado na Tabela 14.

Tabela 14 – Lista de autores, os tipos de cervejas produzidos por eles e as colorações relatadas.

Autor	Cerveja	Cor (SRM)
Reis, 2016	Puro Malte	9,78
	45% griz de milho	9,73
Brasil, 2016	45% malte de trigo sarraceno	6,10
Própria Autoria	45% floco de arroz	2,89
	45% floco de milho	2,22

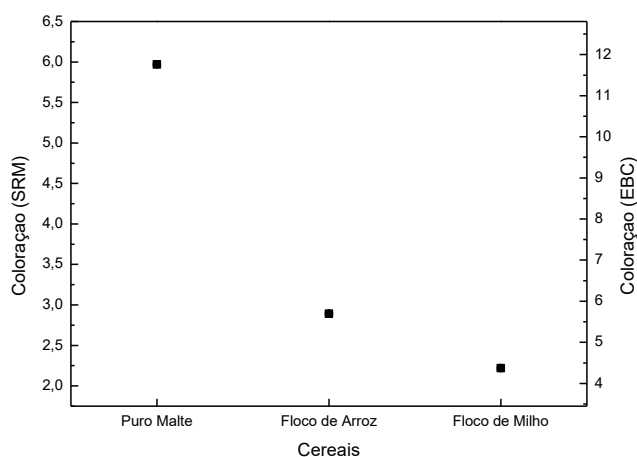


Figura 10: Valores de medida única de coloração de cerveja degaseificada PMC, FA e FM. Legenda: Coloração em SRM (à esquerda) e em EBC (à direita).

5.6. Análise de Proteínas Totais

A quantidade de proteínas solubilizadas no mosto contendo flocos de milho ou de arroz não divergiu ($p=0,05$), conforme mostrado na Figura 11. A concentração de proteínas em ambos os mostos é estatisticamente iguais ($p=0,05$). Isso deve-se ao fato de as proteínas serem provenientes exclusivamente do malte de cevada, que foi o mesmo para ambas as produções. Durante o processo, não houve uma queda nas concentrações ($p=0,05$).

5.7. Análise de Estabilidade de Espuma

As Figuras 12, 13 e 14 informam a desintegração da espuma pelo tempo. Corrigiu-se a inclinação dos gráficos pela concentração de gás carbônico e os dados estão dispostos na Tabela 15. De acordo com outros pesquisadores, o uso de adjuntos na fabricação por não acrescentarem proteínas ao mosto – principal componente da espuma – prejudicando sua estabilidade em 44,05% no caso de FA e 37,57% para FM. Han et al. (2016) relataram uma diminuição na estabilidade da espuma com utilização de farinha de milho e de arroz.

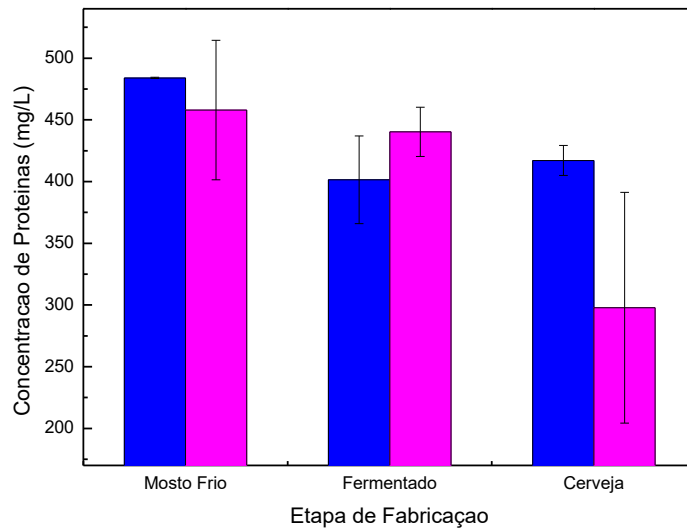


Figura 11: Valores médios e desvio-padrão de triplicatas de concentração de proteína a cada etapa de fabricação de FA e FM. Legenda: azul – FA, rosa – FM.

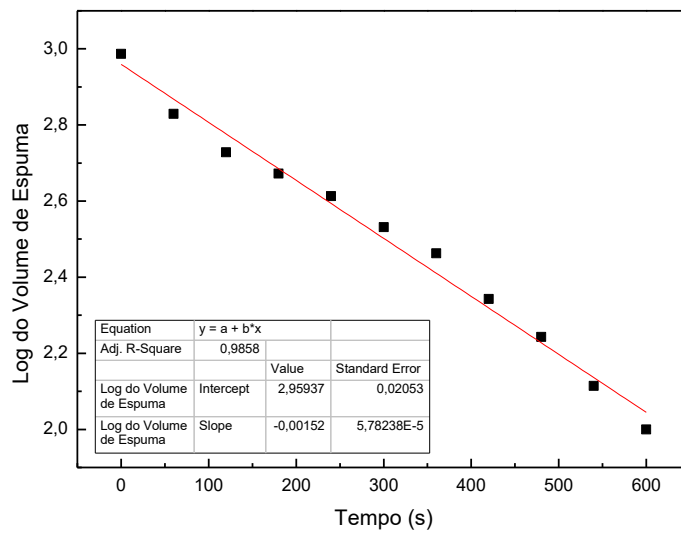


Figura 12: Regressão linear do Log do volume de espuma da cerveja PMC pelo tempo.

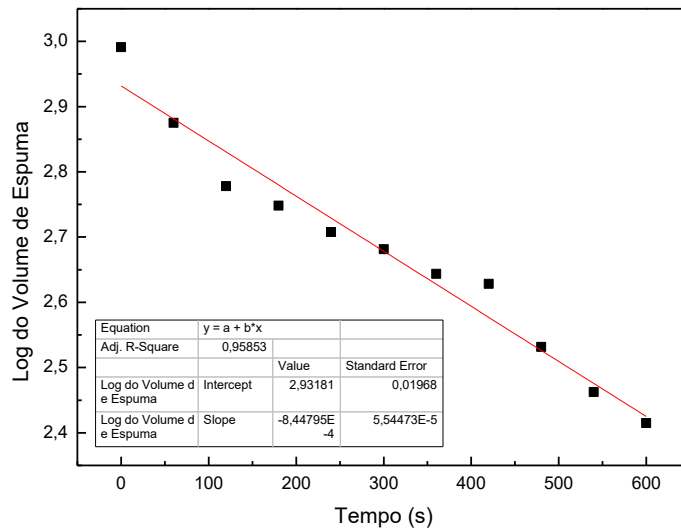


Figura 13: Regressão linear do Log do volume de espuma da cerveja FA pelo tempo.

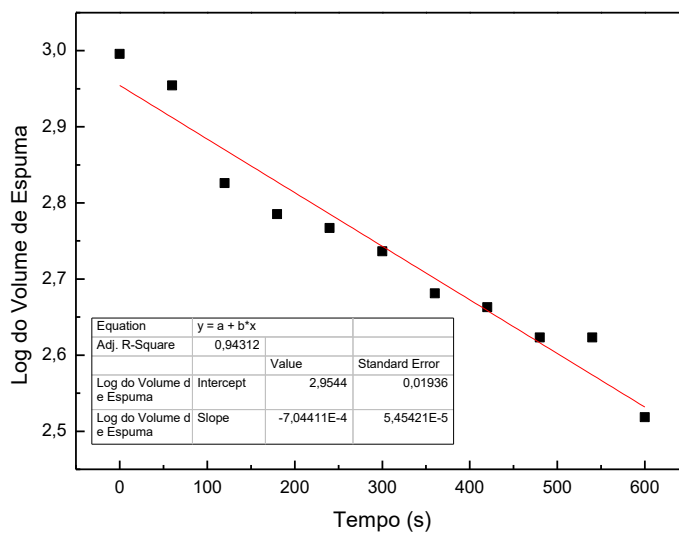


Figura 14: Regressão linear do Log do volume de espuma da cerveja FM pelo tempo.

Tabela 15 – Valores de coeficiente angular de desintegração da espuma e sua normalização pela concentração de gás carbônico para as amostras PMC, FA e FM.

Amostra	Coeficiente Angular	Coeficiente Angular normalizado
PMC	$15,2 \times 10^{-4}$	$3,70 \times 10^{-4}$
FA	$8,45 \times 10^{-4}$	$1,63 \times 10^{-4}$
FM	$7,04 \times 10^{-4}$	$1,39 \times 10^{-4}$

5.8. Análise com PBA-B Geração M – *AlcolyzerBeer*

O AlcolyzerBeer forneceu diversas informações sobre as cervejas prontas e a cerveja comercial usada como parâmetro. Essas informações estão dispostas na Tabela 16. O menor grau de fermentação é devido a não ter sacarificado totalmente, identificado pelo teste do iodo. O maior grau de fermentação e de teor alcoólico indica uma melhor sacarificação de FA ante a FM.

Tabela 16 – Valores de densidade, de teor alcoólico em volume e em massa, de extrato primitivo e de grau real de fermentação para FA, FM e PMC.

Amostra	Densidade (g/mL)	Teor Alcoólico (%(v/v))	Teor Alcoólico (%(m/m))	Extrato Primitivo (°P)	Grau Real de Fermentação (%)
FA	1,01537	4,85	3,77	13,37	55,99
FM	1,01635	3,89	3,02	11,90	50,83
PMC	1,00517	4,55	3,57	10,45	68,08

5.9. Análise de Metabólitos

A partir dos dados fornecidos pelas Figuras 15 e 16, percebe-se que as amostras FA e FM, para um mesmo tempo de atuação de α - e β -amilase, obtiveram diferentes perfis de sacarídeos. A amostra FM apresentou maior concentração de maltose (43,353 g/L) ante à amostra FA (39,037 g/L), e menor de glicose 15,960 g/L ante a 21,153 g/L de FA.

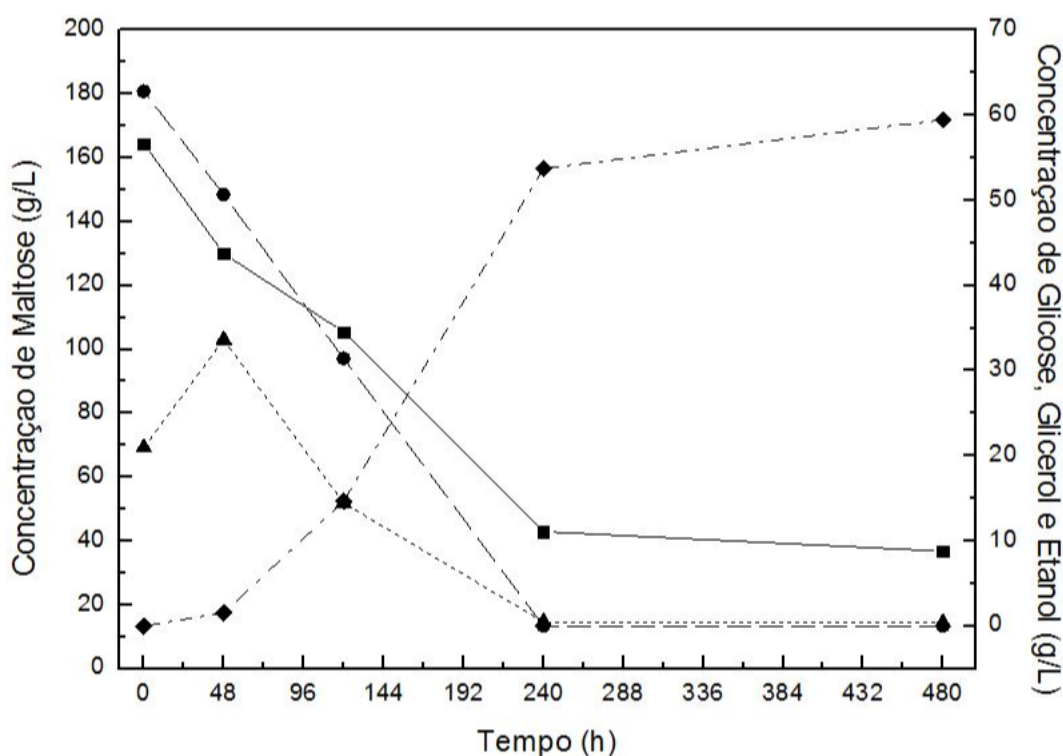


Figura 15: Concentração de metabólitos ao longo das horas de fermentação para amostra FA. Legenda: quadrado – maltose, círculo – glicose, triângulo – glicerol, losango – etanol.

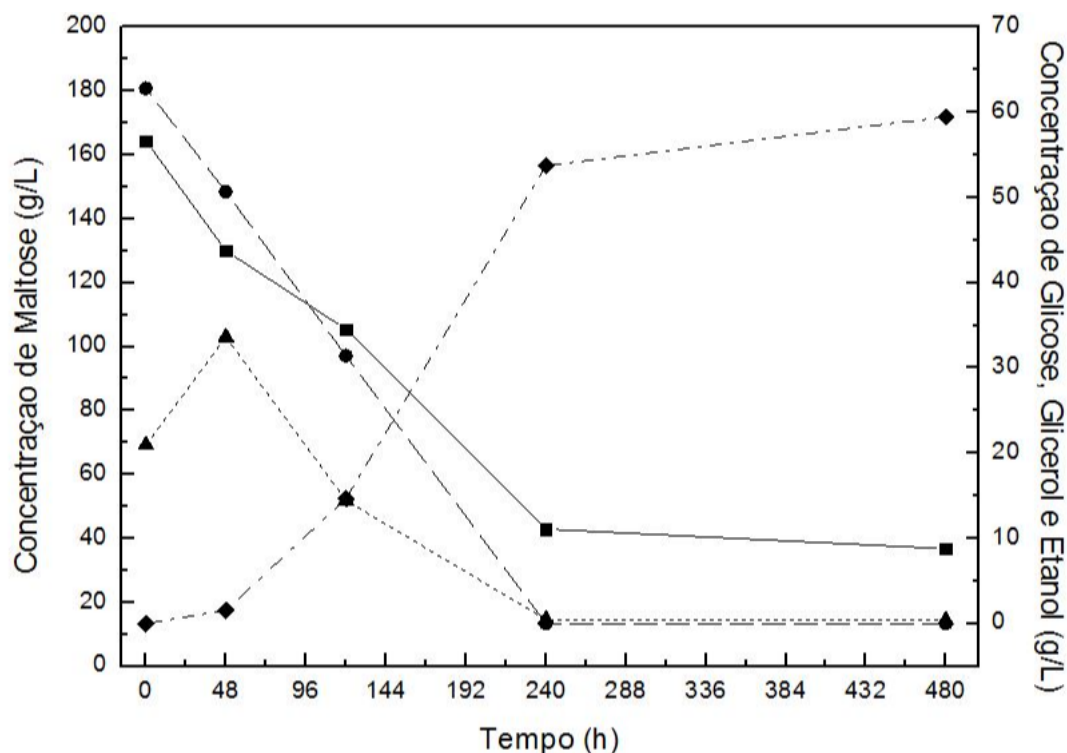


Figura 16: Concentração de metabólitos ao longo das horas de fermentação para amostra FM. Legenda: quadrado – maltose, círculo – glicose, triângulo – glicerol, losango – etanol.

5.10. Análise de Custos

Como dito anteriormente, os adjuntos costumam ser utilizados por diminuir o preço de produção. A Tabela 17 mostra o custo de cada produção. Quando comparado a um mosto equivalente feito apenas com malte pilsen, há uma diminuição de 14,8% para a produção de FA e de 19,1% para a de FM.

Tabela 17 – Preço para produção de cerveja lager do tipo pilsen puro malte e cerveja lager do tipo pilsen com flocos de arroz e de milho.

Insumo	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Puro Malte			
Malte	4,7651 kg	R\$ 125,00/25 kg	R\$ 23,83

Lúpulo	10 g	R\$ 9,00/50 g	R\$ 1,79
Água	33,5 L	R\$ 10,94/m ³	R\$ 0,37
Custo Total: R\$ 25,98			
Preço Relativo ao Puro Malte: 100%			
Flocos de Arroz			
Malte	2,6208 kg	R\$ 125,00/25 kg	R\$ 13,10
Flocos de Milho	2,1608 kg	R\$ 1,59/500 g	R\$ 6,87
Lúpulo	10 g	R\$ 9,00/50 g	R\$ 1,79
Água	33,1 L	R\$ 10,94/m ³	R\$ 0,37
Custo Total: R\$ 22,13			
Preço Relativo ao Puro Malte: 85,2%			
Flocos de Milho			
Malte	2,6208 kg	R\$ 125,00/25 kg	R\$ 13,10
Flocos de Arroz	2,2776 kg	R\$ 1,38 /500 g	R\$ 6,29
Lúpulo	10 g	R\$ 9,00/50 g	R\$ 1,79
Água	33,1 L	R\$ 10,94/m ³	R\$ 0,37
Custo Total: R\$ 21,55			
Preço Relativo ao Puro Malte: 82,9%			

5.11. Análise de Teor de Álcool

As cervejas produzidas obtiveram um grau de fermentação menor que o PMC, os extratos primitivos foram maiores que a PMC e o teor alcoólico foi superior para a FA e inferior para FM, como mostra a Tabela 16. A Tabela 18 informa valores obtidos por Han et al. (2016).

Os valores encontrados quando comparados com os de Han e colaboradores (2016) foram menores, provavelmente por ainda ter amido em solução, ou seja, a mosturação não foi otimizada.

Tabela 18 – Valores de extrato primitivo e de teor alcoólico obtivos por Han et al. (2016) para cervejas puro malte, com 10% e 20% de farinha de arroz, com 10% e 20% de farinha de milho.

Amostra	Extrato Primitivo (°P)	Teor Alcoólico (% v/v)
Puro Malte	9,6	3,83
10% Farinha de arroz	10,2	4,07
20% Farinha de arroz	11	4,30
10% Farinha de milho	10,2	4,13
20% Farinha de milho	11,2	4,53

Fonte: Han et al. (2016) com adaptações.

5.12. Análise Sensorial

O painel sensorial de seis avaliadores atribuiu notas de 1 a 5 para cada um de cinco aspectos e o resultado está na Figura 17. A partir dessa figura, concluiu-se que o aroma de FA foi pior avaliado que FM; o sabor de FM foi superior ao de FA; a aparência e sensação de boca de ambos foram similares com FM tendo uma maior divergência das notas; e a impressão geral de FA foi pior que FM. O painel

identificou em FA a presença de diacetil e em FM um gosto doce por má atenuação, ambas consideradas levemente ácidas. Não foi detectado gosto ou aroma de dimetilsulfeto (DMS), que fornece gosto e aroma de milho cozido em nenhuma amostra. A espuma foi avaliada como persistente no copo.

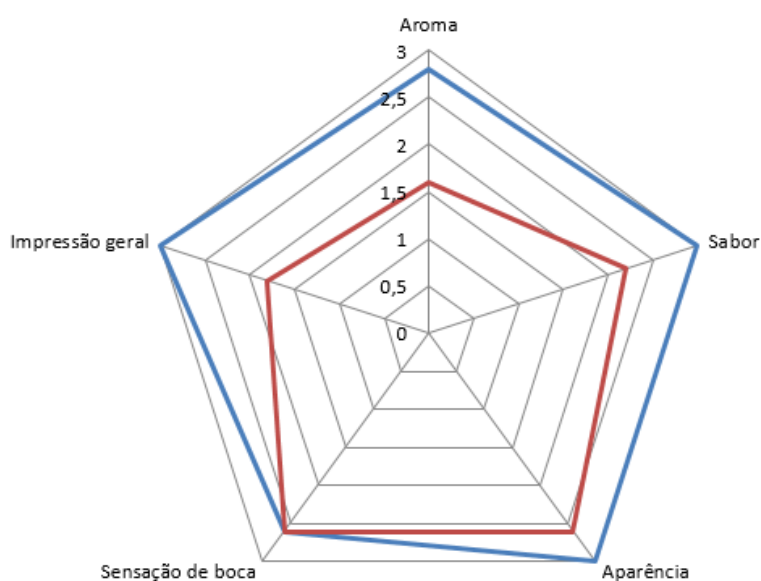


Figura 17: Avaliação do painel sensorial. Legenda: azul - FA, vermelho - FM.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Adjuntos costumam ser mais baratos que o malte de cevada (KUNZE, 2014; PICARIELLO et al., 2016). Isso foi observado ao comparar o preço de produção, considerando unicamente o preço dos insumos. Os adjuntos sacaríneos estudados são de 63% do preço do malte de cevada para o Floco de arroz e de 55% para o de milho. Proporcionando uma redução de custos de 14,8% e 17,1%, respectivamente. Essa redução é muito considerável, especialmente quando há um aumento de escala. Embora não tenha sido avaliadas dificuldades de filtração de demais problemas tecnológicos.

Legalmente, a cerveja produzida com flocos de arroz é uma cerveja extra,

por possuir 13,37%(m/m) de extrato primitivo e sendo 45% do extrato proveniente de adjunto, clara, com álcool e de baixa fermentação. A cerveja produzida com flocos de milho é uma cerveja comum, por possuir 11,9%(m/m) de extrato primitivo e sendo 45% do extrato proveniente de adjunto, clara, com álcool e de baixa fermentação. O padrão Pilsen utilizado é uma cerveja puro malte, comum (10,45%(m/m), clara, com álcool e de baixa fermentação.

Contudo esse benefício do abaixamento de preço é acompanhado por alguns malefícios. A sacarificação na receita utilizada foi negativa para a produção de FA e de FM. O que indica que o tempo é insuficiente para quantidade de enzimas reduzidas e a concentração de amido aumentada quando comparado a um puro malte equivalente.

Os adjuntos estudados diminuem a cor da cerveja, com o flocos de arroz tendo tido um efeito menor de redução de cor que o flocos de milho. Contudo, as variações estão dentro do estilo.

Verificou-se também que os adjuntos atrapalham à estabilidade de espuma.

Por fim, o uso de adjunto diminui o custo de produção, aumentam o rendimento, aumentando a quantidade de cerveja produzida. Entretanto, cada adjunto precisa de uma curva de mosturação apropriada. Tendo visto que com a mesma curva de mosturação os mostos com milho e arroz tiveram diferentes quantidades de carboidratos fermentescíveis no mosto frio, produção de etanol, fermentabilidade e cor, mas mesma concentração de proteínas. Tendo o mosto com milho um impacto pior nos quesitos de produção de etanol e cor.

Perspectivas futuras incluem a separação de proteínas por tamanho e por hidrofobicidade, bem como a otimização das rampas de mosturação, avaliar dificuldades no crescimento da levedura e a repetição das análises com um padrão puro malte e com xarope de alta maltose.

7. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. **BEER-10**: Color. Saint Paul, Minnesota, E.U.A.: American Society Of Brewing Chemists, 2011.

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. **Brewers' Grains-3**: Moisture. Saint Paul, Minnesota, E.U.A.: American Society Of Brewing Chemists, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA (CERVBRASIL). **ANUÁRIO 2016**. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/anuario2016/161130_CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf>. Acesso em: 16 jun 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14140**: Alimentos e bebidas - Análise sensorial - Teste de análise descritiva quantitativa (ADQ). Brasília: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.

BAMFORTH, C.; RUSSEL, I.; STEWART, G. **Beer: A Quality Perspective**: Handbook of Alcoholic Beverages. Cambridge, Massachusetts, E.U.A: Academic Press, 2011.

BAMFORTH, C. **Brewing: new technologies**. 1ª ed. Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing, 2006.

BAMFORTH, C. The foaming properties of beer. **Journal of the Institute Of Brewing**, Estados Un da América, v. 91, n. 6, p. 370-383, 1985.

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. **Beer Style Guidelines**. 2015. Disponível em: <https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf>. Acesso em 18 jun. 2017.

BIO-RAD. *Quick Start Bradford Protein Assay*. Hercules, Califórnia, Estados Unidos da América. s.d. Disponível em <<http://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/4110065A.pdf>>

BRASIL. Decreto nº 7968, de 04 de junho de 2009. Que regulamenta a Lei nº 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. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 04 jun. 2009.

BRASIL, V. C. B. **Estudo do uso de trigo sarraceno cultivado na região Centro-Oeste para produção de cerveja artesanal.** 2016. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Química Tecnológica) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília.

CANDANGOBRÄU. **Lista de Preço.** 2017. Disponível em: <http://www.candangobrau.com.br/wp-content/uploads/2017/01/listaprecos_Candango_jan17.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2017.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **ARROZ.** 2017a. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/arroz.aspx>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **MILHO.** 2017b. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

COLGRAVE, Michelle L. et al. What is in a Beer? Proteomic Characterization and Relative Quantification of Hordein (Gluten) in Beer. **Journal Of Proteome Research**, [s.l.], v. 11, n. 1, p.386-396, jan. 2013. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/pr2008434>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos. V. 4 – Safra 2016/17**, n. 8 – oitavo levantamento. Maio 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_05_12_10_37_57_boletim_graos_maio_2017.pdf>. Acessado 23 mai 2017.

D'AVILA, Roseane et al. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.60-68, 31 dez. 2012. UNISINOS – Universidade do Vale do Rio Dos Sinos. <http://dx.doi.org/10.4013/ete.2012.82.03>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O complexo agroindustrial da cevada.** Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139_2.htm>. Acesso em: 16 jun 2017.

FARRONI, Abel E.; BUERA, María del Pilar. Cornflake Production Process: State Diagram and Water Mobility Characteristics. **Food And Bioprocess Technology**, [s.l.], v. 7, n. 10, p.2902-2911, 4 fev. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-014-1270-5>.

FILHO, W. G. V. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC. Legislação e mercado.** São Paulo, SP, Brasil: EdgardBlücher, 2005.

HAILU, Elias. Optimization of beer production using maize and different types of barley. 2016. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade de Addis Ababa, Addis Ababa, Etiópia, 2016.

HAN, Hojong et al. Characteristics of beer produced from Korean six-row barley with the addition of adjuncts. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [s.l.], v. 122, n. 3, p.500-507, jul. 2016. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/jib.350>.

HOUGH, J.; GONZÁLEZ, J. **Biología de la cerveza y de la malta.** Ciencia y tecnología de los alimentos. Zaragoza, Espanha: Acribia, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Março 2017.** Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemático_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa_201703.pdf>. Acessado em 23 mai 2017.

KILCAST, P. S. D. **Food and beverage stability and shelf life**, ch. 10, p. 864. ELSEVIER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2011.

KUNZE, W. **Technology Brewing & Malting.** 5ª ed. Berlim, Alemanha: VLB Berlin, 2014.

LÁSZTITY, R.; HIDVÉGI, M. **Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins: Proceedings of the International Association for Cereal Chemistry Symposium on Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins.** 1ª ed. Holanda: Springer Science & Business Media, 2012.

LEWIS, Michael J.; BAMFORTH, Charles W. **Essays in Brewing Science.** [s.l.]: Springer Science & Business Media, 2007. 179 p.

LUND, Marianne N.; LAMETSCH, René; SØRENSEN, Mikael Blom. Increased protein-thiol solubilization in sweet wort by addition of proteases during mashing. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [s.l.], p.467-473, set. 2014. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/jib.155>.

MARCONI, Ombretta et al. The Use of Rice in Brewing. **Advances In International Rice Research**, [s.l.], p.49-63, 15 mar. 2017. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/66450>.

MUSSCHE, Roger A.; PAUW, Christiaan. Total Stabilisation of Beer in a Single Operation*. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [s.l.], v. 105, n. 6, p.386-391, 1999. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2050-0416.1999.tb00030.x>.

NOVOZYMES: Food and Beverages, Brewing handbook. Dinamarca [s.n.], 2013. Disponível em: <<http://www.novozymes.com/en/solutions/food-and-beverages/brewing/brewing-handbook>> Acesso em: 17 maio 2017.

PICARIELLO, Gianluca et al. Proteomics, Peptidomics, and Immunogenic Potential of Wheat Beer (Weissbier). **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [s.l.], v. 63, n. 13, p.3579-3586, 8 abr. 2015. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00631>.

PIDDOCKE, Maya P. et al. Physiological characterization of brewer's yeast in high-gravity beer fermentations with glucose or maltose syrups as adjuncts. **Applied Microbiology And Biotechnology**, [s.l.], v. 84, n. 3, p.453-464, 3 abr. 2009. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-009-1930-y>.

PIRES, Eduardo; BRÁNYIK, Tomáš. **Biochemistry of Beer Fermentation: SpringerBriefs in Biochemistry and Molecular Biology**. Cham, Suíça: Springer InternationalPublishing, 2015. 80 p.

POREDA, Aleksander et al. Corn grist adjunct - application and influence on the brewing process and beer quality. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [s.l.], v. 120, n. 1, p.77-81, jan. 2014. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/jib.115>.

PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2 ed. Estados Unidos da América: Editora CRC Press, 2006.

REINOLD, M. R. **Manual prático de cervejaria**. São Paulo: Aden, 1997.

SAĞOL, S.; TURHAN, M.; SAYAR, S. A potential method for determining in situ gelatinization temperature of starch using initial water transfer rate in whole cereals. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 76, n. 3, p.427-432, out. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.042>.

REIS, E. F. L. **Produção e análise de cerveja artesanal utilizando adjunto de milho cultivado na região centro-oeste brasileira**. 2016. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Química Tecnológica) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília.

SANTOS, I. J. D. **Cinética de Fermentações e Estudo de Metabólitos e Enzimas Intracelulares Envolvidas na Fermentação Alcoólica Cervejeira Conduzidas com Leveduras de Alta e Baixa Fermentação em Diferentes Composições de Mosto**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

SERNA-SALDIVAR, Sergio O. **Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes**. Boca Raton, FL, EUA: Crc Press, 2016. 747 p. (Food Preservation Technology Series).

SOUZA, Roberta C. R.; ANDRADE, Cristina T. Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. **Polímeros**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.24-30, mar. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-14282000000100006>.

TAYLOR, John R. N.; DLAMINI, Bhekisisa C.; KRUGER, Johanita. 125th Anniversary Review: The science of the tropical cereals sorghum, maize and rice in relation to lager beer brewing. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [s.l.], v. 119, n. 1-2, p.1-14, 17 jun. 2013. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/jib.68>.

THE UNIPROT CONSORTIUM (Org.). UniProt: the universal protein knowledgebase. **Nucleic Acids Research**, [s.l.], v. 45, n. 1, p.158-169, 29 nov. 2016. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/nar/gkw1099>.

Anexo



LAUDO MALTE EXPEDIDO

PROCEDÊNCIA: COOPERATIVA AGRÁRIA AGROINDUSTRIAL

NOTA FISCAL:

TIPO DE MALTE: MALTE PILSEN

LOTE: BL00001/17

PROTOCOLO: 890000026157

EMITENTE:

ANÁLISES	Classificação	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR	UNIDADE	RESULTADO
EXTRATO					
UMIDADE	EBC 4.2		4,80	%	4,60
EXTRATO MOAGEM FINA LA.	EBC 4.5.1	80,50		%	82,80
EXTRATO MOAGEM FINA C.R.	EBC 4.5.1			%	78,80
DIFERENÇA DE RENDIMENTO	EBC 4.5.1		2,00	%	1,00
COR					
CDR DO MOSTO	EBC 4.7.1		4,00	EBC	3,90
CDR DE COCCAO	EBC 4.19		7,00	EBC	8,40
FILTRABILIDADE					
VISCOSIDADE	MEBAK 4.1	1,45	1,60	m.P/s	1,48
B-GLUCANO	EBC 4.18.3		180	mg/l	100
TEMPO DE FILTRACAO	EBC 4.5.1		60	min	33
NITROGENIO					
PROTEINA	EBC 4.3.2	10,0	11,5	%	10,3
NITROGENIO SOLUVEL (mg/100g DM)	EBC 4.9.2	680	800	mg/100g	788
FAN (mg/100g DM)	EBC 8.10	140		mg/100g	154
INDICE KOLBACH	EBC 4.9.2			%	47,70
MODIFICACAO					
GRADOS V.DROSOS	EBC 4.15		2,00	%	0,20
FRABILIDADE	EBC 4.15	81,0		%	90,0
PODER ENZIMATICO					
PODER DIASTASICO	EBC 4.12	245		WK	277
ALFA AMILASE	ITRLA 052			DU	84
INDICE HARTONG 45°C	MEBAK 3.1	34,00		%	39,40
SACARIFICACAO	EBC 4.5.1		10	min	10
CLASSIFICACAO					
FENEIRAS (+) (> 2,5 MM)	EBC 4.22	88,00		%	92,30
SUBSTANCIAS ESTRANHAS	EBC 4.22	0,00	0,00	%	0,00
GRADOS QUEBRADOS	EBC 4.15		5,00	%	0,80
POI PALHA/CASCAS DE MALTE	EBC 4.22		0,50	%	0,30
SENSORIAL					
AROMA DO MOSTO	EBC 4.5.1				NORMAL
PALADAR DO MOSTO	ITRLA 057				PRÓPRIO
OUTROS ITENS					
ASPECTO DO MOSTO	ITRLA 058				CLARO
TURBIDEZ	TURBIDIMET			EBC	3,9
POMS	ITRLA 335		7,00	ppm	2,20
PH	EBC 8.17	5,80	6,00		5,99
PESO HECTOLITRICO (Kg/100L)	ITRLA050			kg/100L	56,80
MICOTOXINAS					
DON (DESOXINALENOL)	UPLC		500	ppb	0
ZEA (ZEARALENONA)	UPLC		50	ppb	0
AFLA TOTAL (AFLATOXINAS)	UPLC		4,0	ppb	0,0
OCRA (OCRATOXINA)	UPLC		3,0	ppb	0,0
COMPOSICAO VARIETAL DO MALTE					
MALTE PILSEN				%	100,00
Pouso Técnico					
POUSO TECNICO MINIMO				Dias	30,00
OBSERVAÇÕES					
LACRES:					
RECOMENDAÇÕES					
MANTER EM LOCAL FRESCO, SECO E AO ABRIGO DA LUZ SOLAR. VALIDO ATÉ 28/01/2018. CONTÉM GLUTEN ALÉRGICOS: PRODUTO DERIVADO DA CEVADA PODENDO CONTER TRIGO, CENTEIO E AVEIA					

CRISLANE BRAZIL
QUALIDADE AGRÁRIA MALTE

VILMAR SCHÜSSLER
COORDENADOR DE MALTARIA

Avenida Paraná, nº 211 - Entre Rios - Guarapuava - PR - CEP 85138-400
Fone: (42) 3625-8080 - Fax: (42) 3625-8372 - E-mail: saca@agraria.com.br

Figura 1: Laudo técnico do malte pilsen.



ANALYSIS REPORT

Type of product: Hop Pellets Type 90
Variety: Hallertau Hallertauer Magnum
Crop: 2015
Batch No.: 15-708

Production: April 2016
Best Before: April 2019

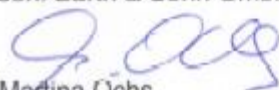
ANALYTICAL FIGURES:

(as is)

Alpha Acids: 12,30 %
Moisture: 8,00 %

Method of analysis: EBC 7.5 KW Mebak

Nürnberg, 28.6.2016
Joh. Barth & Sohn GmbH & Co. KG


Martina Üchs

For specification, material safety data sheets and details on
quality control guarantee please see www.barthhaasgroup.com

Figura 2: Laudo técnico do lúpulo.