

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - IFSC
CAMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
CURSO TÉCNICO EM AGROINDÚSTRIA INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO

BRENDA LUIZA MOROSINI
JÚLIA NATHALÍ BORTOLUZZI
TAINÁ ROBERTA MÜLLER

**INFLUÊNCIA DA SECAGEM DO BAGAÇO DE MALTE SOBRE O
CONTEÚDO TOTAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE**

SÃO MIGUEL DO OESTE
2018

BRENDA LUIZA MOROSINI
JÚLIA NATHALÍ BORTOLUZZI
TAINÁ ROBERTA MÜLLER

**INFLUÊNCIA DA SECAGEM DO BAGAÇO DE MALTE SOBRE O
CONTEÚDO TOTAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE**

Projeto apresentado à unidade curricular
Projeto Integrador do Curso Técnico em
Agroindústria Integrado ao Ensino Médio
do Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC,
Campus São Miguel do Oeste.

Orientadora: Dra. Cíntia Ladeira Handa
Coorientador: Dr. Fernando Sanches de
Lima

SÃO MIGUEL DO OESTE

2018

RESUMO

O consumo de cerveja pela população brasileira tem aumentado nos últimos anos, demandando maior produção dessa bebida e conseqüentemente maior geração de resíduos, os quais precisam ter uma destinação ou aproveitamento adequado para não causarem problemas ambientais. Dentre esses resíduos, destaca-se o bagaço de malte, que é um dos principais resíduos cervejeiros sendo gerado na etapa de filtração após a mosturação. Em termos de composição, o bagaço de malte possui um elevado teor de fibras, além de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Por outro lado, apresenta um elevado teor de matéria orgânica, que é prejudicial ao meio ambiente em caso de disposição final incorreta. Diante desses aspectos, este trabalho teve como objetivo produzir uma farinha de bagaço de malte pelos métodos de secagem em estufa e por micro-ondas além da liofilização como representação do bagaço de malte *in natura*, avaliando o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante presente pelos métodos de DPPH• e ABTS•+. O método mais adequado para a obtenção farinha de bagaço de malte foi secagem em estufa a 70°C por 8 horas e 10 minutos. Esta farinha apresentou teor de compostos fenólicos de $0,68 \pm 0,01$ mg EAG/ g, e a atividade antioxidante mensurada pelos métodos DPPH• e ABTS•+, apresentou valores de $0,70 \pm 0,06$ μ mol ET/g e $15,45 \pm 0,30$ μ mol ET/ g, respectivamente. Dessa forma, a farinha possui um potencial de utilização na indústria de alimentos, podendo minimizar os impactos ambientais que podem ser causados pela má disposição do bagaço de malte e agregando valor a esse resíduo.

Palavras-chaves: Resíduos. Cerveja. Antioxidantes. Secagem em estufa. Secagem em micro-ondas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do grão de cevada	12
Figura 2 - Fluxograma de processamento da cerveja	14
Figura 3 - Bagaço de malte úmido	18
Figura 4 - Bagaço de malte úmido utilizado	22
Figura 5 - Ensaio da secagem em estufa	23
Figura 6 - Ensaio da secagem em micro-ondas	24
Figura 7 - Efeito do tempo da secagem em estufa a 70°C sobre a umidade	28
Figura 8 - Curva analítica de compostos fenólicos totais	31
Figura 9 - Curva analítica do método ABTS•+	32
Figura 10 - Curva analítica do método DPPH•	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Secagem do bagaço de malte úmido em estufa	27
Tabela 2 – Secagem do bagaço de malte úmido em micro-ondas	29
Tabela 3 – Atividade antioxidante e conteúdo de compostos fenólicos em bagaço de malte seco em estufa e liofilizado	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Cerveja	14
2.1.1 Produção e mercado de cerveja no Brasil	14
2.1.2 Legislação	14
2.1.3 Matérias primas	15
2.1.3.1 Malte	15
2.1.3.2 Água	17
2.1.3.3 Lúpulo	17
2.1.3.4 Levedura	18
2.1.4 Processamento da cerveja	18
2.2 Resíduos	20
2.2.1 Resíduos agroindustriais e cervejeiros	20
2.3 Bagaço de malte	21
2.3.1 Obtenção e caracterização	21
2.3.2 Aproveitamento de bagaço de malte	23
2.4 Métodos de secagem de alimentos	24
2.5 Antioxidantes	24
2.5.1 Compostos fenólicos	24
3 METODOLOGIA	26
3.1 Materiais	26
3.1.1 Aquisição do bagaço de malte	26

3.2 Estudo do tempo de secagem do bagaço em micro-ondas e em estufa.	26
3.2.1 Secagem por estufa	27
3.2.2 Secagem por micro-ondas	27
3.2.3 Liofilização	28
3.3 Análises de caracterização da farinha	28
3.3.1 Medida da umidade	28
3.3.2 Extração de compostos fenólicos do bagaço de malte	29
3.3.3 Determinação do conteúdo total de compostos fenólicos	29
3.3.4 Determinação da capacidade doadora de átomos de hidrogênio ao radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)	29
3.3.5 Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS ^{•+} dos extratos de bagaço de malte	30
3.3.6 Análise estatística	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Avaliação da secagem do bagaço de malte em estufa e em micro-ondas	31
4.2 Avaliação do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante da farinha de bagaço de malte	33
5 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas mais consumidas do mundo, sendo a bebida alcoólica fermentada preferida dos brasileiros (SILVA; LEITE; PAULA, 2016). No entanto, durante a produção de cerveja geram-se diversos resíduos ou subprodutos, os quais necessitam de um destino correto ou ainda de uma reutilização (BATISTA, 2016).

O bagaço de malte é o resíduo úmido obtido no início da fabricação da cerveja, mais precisamente na filtração após a mosturação, sendo gerado em grande escala, representando 85% dos resíduos cervejeiros. Esse subproduto pode ser reutilizado na indústria e apresenta uma composição rica em fibras com potencial de consumo humano, principalmente na forma seca. Além disso, contém também compostos considerados bioativos como, por exemplo, fenólicos (ALMEIDA; AZEVEDO; DIAS, 2015; MELO, 2010; VENTURINI FILHO, 2010).

Os compostos fenólicos atuam no combate de radicais livres por uma doação de hidrogênios de um grupo hidroxila em sua estrutura. Já os antioxidantes agem na retardação ou na prevenção das oxidações (SUCUPIRA, et al. 2012). Conforme Freitas (2006) o bagaço de malte apresenta grande atividade antioxidante e compostos fenólicos, ou seja, possui capacidade de capturar radicais livres.

Neste trabalho, optou-se por estudar o bagaço de malte por ele ser um resíduo da indústria cervejeira prejudicial ao meio ambiente em caso de disposição inadequada, sendo assim, uma alternativa seria valorizar esse bagaço em forma de uma farinha. Como o bagaço de malte é rico em fibras e possui compostos fenólicos, que conferem a ele atividade antioxidante, o consumo de uma farinha desse bagaço poderia apresentar grandes benefícios à saúde. Além disso, o aproveitamento desse resíduo na forma de farinha seria interessante para a indústria de panificação, massas e indústria de alimentos em geral, ao mesmo tempo em que minimizaria os impactos ambientais. Dessa forma, este projeto tem como objetivo verificar a influência do processo de secagem sobre os compostos fenólicos e sobre a atividade antioxidante no bagaço de malte.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Determinar o método mais adequado para a secagem do bagaço de malte e avaliar o efeito do processo sobre o conteúdo total de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o tempo adequado da secagem em micro-ondas e em estufa.
- Comparar o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante do bagaço de malte utilizando o método de secagem mais adequado
- Proporcionar à indústria alimentícia um possível ingrediente a partir do resíduo cervejeiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cerveja

2.1.1 Produção e mercado de cerveja no Brasil

Estima-se que a humanidade consome bebidas fermentadas há cerca de 30 mil anos. Índícios que datam desde 8000 anos a.C. sugerem que as civilizações antigas como a mesopotâmica, egípcia e grega já produziam essas bebidas (PERIM et al., 2013).

O Brasil ocupava o quinto lugar no ranking mundial de produtores de cerveja no ano de 2006. Tendo nas primeiras colocações a China, Estados Unidos, Alemanha e Rússia. Em 2007, o faturamento chegou a R\$ 21 bilhões de reais, ultrapassando 10 milhões de litros consumidos (VENTURINI FILHO, 2010). Em 2010, o Brasil apresentou um crescimento de 10% no faturamento e 7,5% no consumo, chegando em 9,7 bilhões de litros. Esse resultado positivo foi influenciado diretamente pela estabilidade econômica em que o país vivia no momento. Segundo a CERVBASIL (2016), mais de 2,4 bilhões de garrafas de cerveja são produzidas por ano, sendo mais de 54,6% da produção nacional da bebida.

2.1.2 Legislação

Aplica-se a cerveja o decreto n. 6.871, do dia 4 de julho de 2009, que por sua vez regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, dispõe sobre a padronização, classificação, fiscalização, inspeção, produção e o registro das bebidas. Conforme o Artigo 64, da referida lei, a cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro proveniente do malte de cevada e água potável, com adição de lúpulo e pela ação da levedura.

A cerveja é classificada pela legislação brasileira:

- I- Quanto ao extrato primitivo: cerveja leve, comum, extra ou forte.
- II- Quanto à cor: cerveja clara ou escura.
- III- Quanto ao teor alcoólico: cerveja sem ou com álcool.

IV- Quanto à proporção de malte de cevada: cerveja puro malte, cerveja, ou cerveja com o nome do vegetal predominante.

V- Quanto à fermentação: cerveja de baixa ou alta fermentação.

De acordo com o seu tipo, ela poderá ser denominada Pilsen, Export, Lager, Dortmunder, Munchen, Bock, Malzebier, Ale, Stout, Porter, Weissbier, Alt e as demais denominações internacionalmente reconhecidas que vierem a ser criadas, observadas as características do produto original. (BRASIL, 2009).

2.1.3 Matérias primas

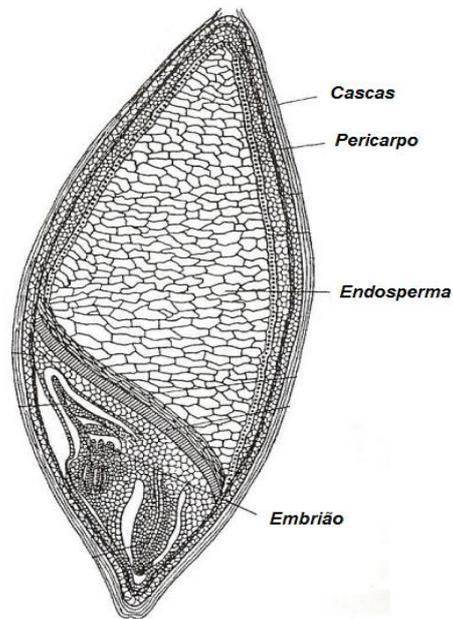
As matérias-primas para a produção de cerveja são: água, malte, lúpulo e levedura (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008).

2.1.3.1 Malte

O malte é o resultado da maltagem, o qual contém enzimas responsáveis pela transformação do amido em açúcares fermentescíveis. O processo de malteação, também conhecido como maltagem, consiste em transformar os cereais em malte através da conversão do amido presente no grão em açúcares como maltose e glicose. A malteação é dividida em maceração, germinação e secagem (ESKIN; SHAHIDI, 2013). Todo o processo é realizado com temperatura, umidade e aeração controlada (ZAPAROLI, 2013).

A cevada é um dos cereais mais usados no processo de maltagem, pois tem menores dificuldades técnicas para a realização do processo. Na cevada encontra-se também uma proteína que é suficiente em qualidade e quantidade para nutrir as leveduras durante a fermentação e também a formação de espuma (AQUARONE, et al., 2001). A estrutura do grão de cevada pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura do grão de cevada



Fonte: Bezerra, 2009.

Na espiga, os grãos podem ser alinhados em duas ou seis fileiras, entretanto a diferença entre as duas não são apenas morfológicas. A cevada de seis fileiras apresenta dificuldades na produção de malte, na moagem e no rendimento da mosturação, entretanto facilita a filtragem do mosto e em geral aceita maior proporção de adjunto na formulação da cerveja. Já a de duas fileiras contém um menor teor de amido, maior números de proteínas (enzimas) e os grãos são do mesmo padrão possuindo mais casca. No Brasil, é cultivada a cevada cervejeira de duas filas, produzida no sul do país (AQUARONE, et al., 2001).

A etapa de maceração consiste em elevar o teor de umidade do grão de cevada a 45% (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006), o tempo de obtenção dessa umidade é de aproximadamente 2 dias, sendo que a água é trocada cada 6 a 8 horas e deve estar uma temperatura de 5 °C a 8 °C (CORDEIRO, 2011; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006). Nessa etapa os grãos incham devido à absorção de água, sendo essa a base da etapa da germinação (SANTOS; RIBEIRO, 2005).

A segunda etapa consiste em germinar o grão macerado até que esse possua

uma estrutura embrionária, conhecida como radícula, de aproximadamente 2/3 do seu tamanho. Geralmente o período para esta germinação é de 4 a 8 dias. A temperatura ótima para que este processo ocorra é de 15 °C (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; SANTOS; RIBEIRO, 2005; AQUARONE et. al., 2001).

A germinação da cevada é interrompida pelo processo de secagem que paralisa a atividade biológica do grão (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006). As temperaturas do ar para secagem podem variar, sendo que inicialmente são usadas próximas a 50 °C para baixar rapidamente a umidade do grão, após essa temperatura é elevada, podendo até ultrapassar 100 °C. A umidade final do malte deve estar entre 4 % e 5 %, encerrando a etapa de maltagem (SANTOS; RIBEIRO, 2005; ROCHA, 2014).

2.1.3.2 Água

A água é a principal matéria-prima da cerveja em termos de quantidade, pois representa 92 % a 95 % do peso final da cerveja (VENTURINI FILHO, 2010). A água utilizada na produção de cerveja deve ser potável, transparente, livre de cor, odor ou sabor, apresentar pH entre 4 e 9 e possuir 50 ppm de cálcio (AQUARONE, et al., 2001). A qualidade da água e sua composição mineral ajudam a definir a qualidade da cerveja, pois a presença e a quantidade de sais solúveis como bicarbonato, cloreto e sulfato de sódio, cálcio e magnésio presentes na água interferem na cor e aroma do produto final (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

2.1.3.3 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus*) é uma planta bissexual, porém na indústria cervejeira a parte utilizada é a feminina, pois ela possui lupulina. A lupulina contém resinas e óleos essenciais, responsáveis por conferir o amargor e o sabor característico da cerveja, além de ajudar na estabilidade do produto final (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; AQUARONE et. al., 2001). A adição do lúpulo no processamento da cerveja ocorre geralmente no início da fervura do mosto, e a quantidade adicionada varia conforme o tipo de cerveja (SANTOS; RIBEIRO, 2005).

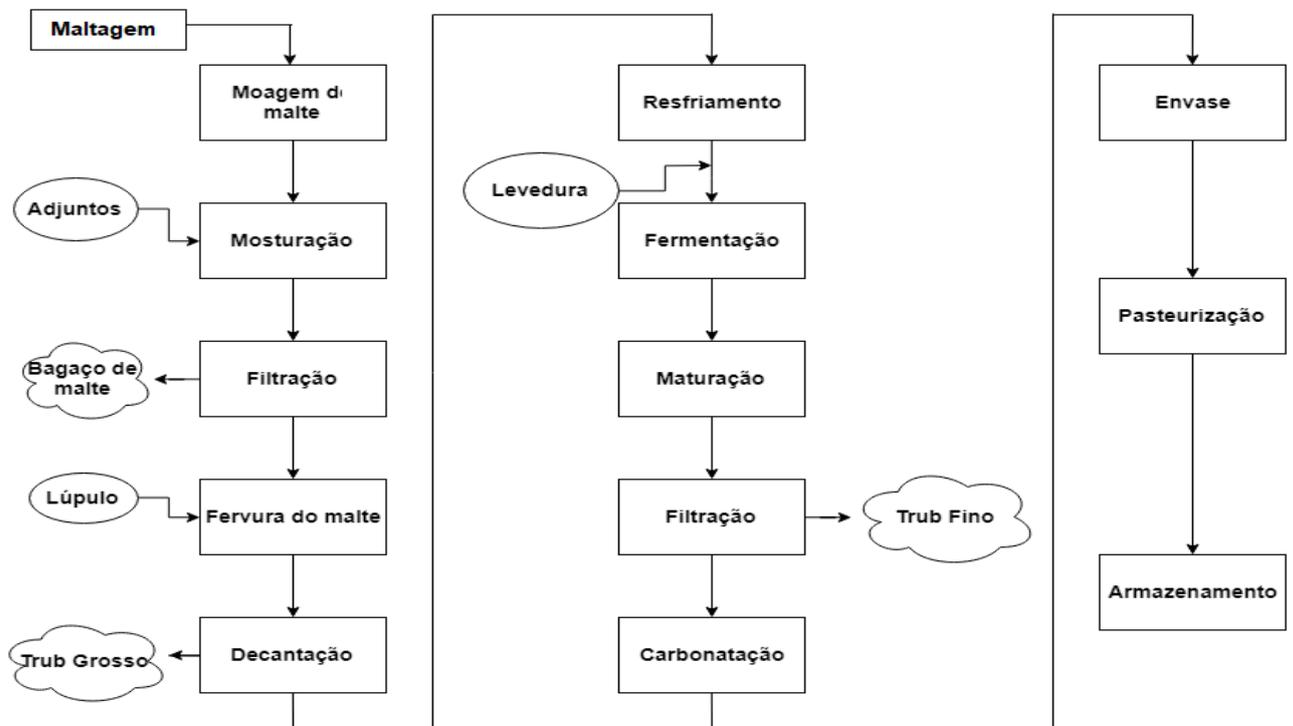
2.1.3.4 Levedura

As leveduras empregadas na fabricação de cerveja, a cepa, são das espécies *Saccharomyces cerevisiae* e para a cerveja de baixa fermentação é utilizada *Saccharomyces uvarum*. A função das leveduras é produzir o álcool característico da cerveja, através da transformação dos açúcares do mosto em álcool e CO₂ (SANTOS; RIBEIRO, 2005). As leveduras podem ser puras ou não, mas devem ser de qualidade apresentando um crescimento regular e adequado, conferindo odores e sabores agradáveis (AQUARONE et. al., 2001).

2.1.4 Processamento da cerveja

Na figura 2, encontra-se o fluxograma de processamento mais usual da cerveja.

Figura 2 Fluxograma de processamento da cerveja.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O processamento da cerveja pode ser dividido em três fases. A primeira delas corresponde à produção do mosto, o qual envolve a moagem do malte, a mosturação, a filtração e o cozimento. A segunda fase inclui o processo de refrigeração e aeração do mosto, fermentação e maturação. Por fim, a última etapa compreende a filtração, a carbonatação e o envase da cerveja produzida (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Na moagem do malte, os grãos são esmagados entre rolos, este processo pode ser feito tanto a seco como a úmido. Na mosturação, o malte moído é misturado com água em tinas de mosturação, sendo aquecido até 75 °C. Realiza-se o aquecimento gradual da mistura entre malte e adjuntos moídos para que as enzimas consigam atuar em suas temperaturas ótimas. Após serem ativadas, as enzimas solubilizam componentes que ainda não foram solubilizados do malte, modificando a estrutura química de alguns compostos, formando o mosto. Posteriormente a mosturação, dá-se o início da filtração do mosto, que tem denominado de bagaço de malte (VASCONCELOS, 2017).

A fervura do mosto ocorre em temperaturas próximas a 100 °C. Quando se inicia a ebulição, o lúpulo é adicionado e este confere o amargor característico da cerveja e demais características sensoriais. Conforme a intensidade da fervura desenvolve-se parte das características de cor, aromas e sabor. O cozimento deve durar de 60 a 120 minutos, com uma evaporação entre 5% e 10% de volume de mosto por hora. Quando essa etapa encerra, ocorre a decantação do trub e bagaço de lúpulo que são descartados na forma de resíduos (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008).

Após, o mosto passa pela refrigeração em trocadores de calor de placas para que atinja a temperatura de fermentação que é entre 14 e 20°C, para o processo de alta fermentação e 6 a 12°C, para o processo de baixa fermentação. A fermentação começa com a inoculação do fermento preparado no mosto resfriado. Após algumas horas da inoculação surge uma espuma fina e branca na superfície, que é então transferida para um tanque de fermentação fechado. O pH do mosto diminui, o que facilita o desenvolvimento das leveduras durante a fermentação. A obtenção de uma maior ou menor concentração de álcool dependerá da concentração de açúcares fermentescíveis presentes na mistura. A fermentação só estará completa depois de 3 a 10 dias, dependendo do volume inicial e da temperatura, empregado. Chegando

ao final da fermentação, a temperatura é reduzida para 2 °C, o que causa a floculação e uma decantação das leveduras (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008).

Após a fermentação principal a cerveja passa pela maturação que consiste em repouso prolongado da cerveja em baixa temperatura, de 0 a 3 °C, contribuindo para a clarificação e o sabor da bebida. O padrão de tempo de maturação é de 14 dias, mas algumas podem chegar a 40 dias, como é o caso de cervejas mais elaboradas. Depois de passar pela maturação, a cerveja ainda apresenta certa turvação, provocada pela presença de material sólido. Esses materiais são removidos por vários tipos de filtros. Ao final, o líquido será transparente (REBELLO, 2009; VASCONCELOS, 2017).

A carbonatação corresponde a adição de CO₂ na bebida. Este pode ser oriundo da recuperação durante a etapa de fermentação sendo injetado na bebida para que a cerveja absorva o gás em substituição de oxigênio, evitando a ação microbiana e oxidações que possam alterar o sabor da cerveja já envasada. A pasteurização também é utilizada como meio de conservação para aumentar a validade da cerveja. A cerveja pode ser envasada em garrafas de vidro, latas de alumínio ou em barris de madeira ou de inox sob pressão pela adição de dióxido de carbono (CO₂) (VASCONCELOS, 2017).

2.2 Resíduos

2.2.1 Resíduos agroindustriais e cervejeiros

A geração de subprodutos e resíduos é inevitável a qualquer setor produtivo. Grandes quantidades dos mesmos são produzidas nos setores agroindustriais e de alimentos, podendo ser resíduos sólidos ou efluentes. Estes resíduos podem apresentar problemas de grande potencial poluente e de disposição final, além de muitas vezes ocorrer perda de biomassa e nutrientes de alta importância (LAUFENBERG; KUNZ; NYSTROM, 2003).

Atualmente conceitos de não gerar, de reduzir, recuperar e reaproveitar os resíduos e também a sua bioconversão de resíduos em energia e em novos

produtos estão cada vez mais sendo divulgados, como consta na Política Nacional de Resíduos Sólidos que regulamenta a lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 (LAUFENBERG; KUNZ; NYSTROM, 2003; BRASIL, 2010).

Avanços tecnológicos têm proporcionado para a indústria cervejeira um decréscimo na geração de resíduos/subprodutos ao longo do processo de fabricação. Entretanto, alguns resíduos dificilmente têm redução de sua quantidade gerada. Pode-se citar como exemplo o bagaço de malte, o trub e a levedura residual cervejeira (PRIEST; STEWART, 2006).

Considerando que os resíduos cervejeiros são altamente poluentes se não tratados, uma alternativa de preservação é que esses podem ser utilizados na alimentação de animais como já é empregado, pois além de promover a redução no custo da alimentação, pode reduzir a poluição ambiental (SOUZA, 2004).

2.3 Bagaço de malte

2.3.1 Obtenção e caracterização

O bagaço de malte é o principal subproduto proveniente da indústria cervejeira, representando 85% do total de resíduos sólidos das cervejarias (VENTURINI FILHO, 2010). Ele consiste na parte sólida retirada na filtração do mosto cervejeiro, sendo composto, em sua maioria, de casca e polpa de malte. Além disso, grãos de trigo, arroz e milho também podem estar presentes em menores quantidades caso sejam utilizados no processo (CORDEIRO, 2011).

A geração/rendimento do bagaço de malte para produção de 100 L de cerveja varia entre 14 e 20 kg (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; SANTOS; RIBEIRO, 2005; VENTURINI FILHO, 2010.)

O bagaço do malte possui alto teor de fibras e aproximadamente 80% de umidade (KLAGENBOECH; SILVA, 2012). Zhaoxia e colaboradores (2012) observaram um teor de água de 79% e de cinzas em 4,4%, para o bagaço de malte seco proveniente de cervejarias comerciais. Robertson e colaboradores (2010) determinaram o teor de umidade presente em bagaços de malte de cevada provenientes de 10 cervejarias comerciais e constataram valores entre 75 e 80%. Celus, Brijs e Delcour (2006) verificaram um teor de 3,3% de cinzas para o bagaço

obtido após mosturação de malte de cevada puro. Foram encontrados também outros valores, como entre 2,3 e 7,9% de cinzas e entre 75 a 85% de umidade na composição do bagaço de malte. O bagaço de malte é predominantemente constituído por fibras (70% massa seca) e proteínas (15% a 25% massa seca), apresentando também, em menores concentrações, lipídeos, minerais, vitaminas, aminoácidos e compostos fenólicos (OLAJIRE, 2012; ALIYU; BALA, 2011; MATHIAS; MELLO; SERVULO, 2014). A aparência física do bagaço de malte pode ser vista na figura 3.

Figura 3 Bagaço de Malte Úmido



Fonte: Cordeiro, 2011.

Para a avaliação da capacidade antioxidante do bagaço de malte, Almeida (2014) utilizou o bagaço de malte seco de cerveja Pilsen puro malte, e solvente etanólico preparado com 20% de etanol e 80% de água e seguido de agitação por 24 horas. Na análise pelo método DPPH^{*}, encontrou valor médio de atividade antioxidante de $6,62 \pm 0,09$ mg/mL, já o valor médio das análises por método ABTS^{**} foi $26,09 \pm 0,80$ mg/mL. Ademais, para o método de Folin-Ciocalteu de compostos fenólicos totais, obteve o valor médio de $380,28 \pm 59,99$ mg/100 g EAG. Nos estudos de Freitas (2006), utilizando o bagaço de malte seco e solvente extrator etanólico, realizou análise de compostos fenólicos totais pelo mesmo método e obteve $39,7 \pm 3,17$ mg GAE/100g, para o método de atividade antioxidante por ABTS^{**} encontrou $167,26$ μ Mol TEAC/100g, e para o método DPPH^{*} os valores variaram de 275,08 a 496,59 μ Mol TEAC/100g.

O alto teor de umidade do bagaço de malte facilita o crescimento microbiano que conseqüentemente reduz o tempo de vida útil dos alimentos, e dificulta o

transporte e armazenamento por causa do seu elevado volume. Dessa forma, uma operação de secagem poderia estender a vida útil e ampliar as possibilidades de utilização desse subproduto (BOURSCHEIDT et al., 2011; KLAGENBOECH; SILVA, 2012).

No entanto, este resíduo possui um alto valor nutricional e seu principal destino é para ração animal (SANTOS; RIBEIRO, 2005; NIEMI, 2012), podendo ser utilizado na formulação de alimentos (MATTOS, 2010). Por isso a importância de se encontrar novas formas, economicamente viáveis, de utilizar e valorizar o bagaço de malte (SANTOS, 2014).

2.3.2 Aproveitamento de bagaço de malte

Os resíduos úmidos da cervejaria, incluindo o bagaço de malte, podem provocar inúmeros problemas ambientais devido a sua elevada concentração de material orgânico, portanto precisam passar por um tratamento ou reaproveitamento correto, para evitar danos ao meio ambiente (FERRINHO et. al., 2013; MATHIAS; MELLO; SERVULO, 2014).

Inúmeros estudos em diversas áreas de pesquisa e desenvolvimento, já utilizaram o bagaço de malte como matéria prima, por exemplo, na panificação (FERREIRA, 2017; MATTOS, 2010; ZAPAROLI, 2013) e na reutilização na própria indústria cervejeira, no lugar do malte, para reduzir o teor alcoólico do produto final, quando se deseja produzir cerveja sem álcool (COSTA, 2016).

Outros trabalhos extraíram a polpa celulósica do bagaço de malte para produzir carboximetilcelulose (SANTOS, 2014), também, já se estudou a relação dos açúcares fermentescíveis presentes nesse resíduo (LUFT, 2016) e a possibilidade de utilizar o bagaço de malte como imobilizador celular (VENTURINI FILHO, 2010).

O principal fator atrativo do bagaço de malte é seu alto valor nutricional, pois contém um elevado teor de fibras, sendo, dessa forma, recomendado para o consumo humano na forma de complemento alimentar, trazendo vários benefícios ao consumidor. Outra condição que incentiva o uso desse subproduto em inovações é seu baixo custo em relação a suas potencialidades tecnológicas (MATTOS, 2010; CORDEIRO, 2011).

2.4 Métodos de secagem de alimentos

Segundo Celestino (2010), a secagem dos alimentos consiste em remover a água de um material sólido, sendo que este tratamento tem como principal benefício o prolongamento da vida útil do produto. Dependendo da forma que o alimento é seco, as temperaturas utilizadas na secagem e da intensidade em que a secagem é realizada, o produto não apresentará teores de água significativos, sendo muito utilizados nas indústrias alimentícias.

A secagem se baseia na transferência de calor, ou seja, o calor atinge o alimento e movimenta a água ali presente, resultando na evaporação da mesma. Os métodos de secagem se diferem pela forma que o calor é transferido ao alimento e na sua forma de transmissão para o meio (DIAS, 2013). A secagem pode ser natural ou artificial, como por exemplo, a secagem em estufa e em forno micro-ondas dependendo do insumo submetido ao processo (SILVA, 2004).

A secagem em estufa tem como princípio de remoção da água por convecção de calor, ou seja, a movimentação de ar quente, que ocasiona a saída de água na forma de vapor. A temperatura do ar na estufa é controlada, assim como alguns equipamentos também proporcionam o controle da umidade ou até a secagem a vácuo. Esse método ocorre em períodos relativamente longos (CELESTINO, 2010). Este método é convencional, o mais utilizado, possuindo custos relativamente mais baixos (LACERDA; FREITAS; SILVA 2009).

Já a secagem em micro-ondas se caracteriza pela conversão de ondas eletromagnéticas em energia térmica. Essa transformação acontece, resumidamente, nas colisões entre as moléculas do material, que com o movimento liberam energia, essa é dissipada na forma de calor, aumentando a temperatura, que é absorvida de forma direta, tornando a secagem em micro-ondas mais rápida, assim diminuindo a contaminação por bactérias e fungos, resultando em melhor aparência e qualidade do produto (DIAS, 2013; MARCANTE et al, 2010).

2.5 Antioxidantes

A oxidação é um processo metabólico de produção de energia, ela pode envolver a adição de um átomo de oxigênio ou decorrer de uma remoção de um

átomo de hidrogênio, resultando na produção de radicais livres, os quais podem provocar danos consideráveis no organismo (ROESLER et al, 2007; LIDON; SILVESTRE, 2007). Destacam-se dois principais tipos de oxidação: a auto-oxidação de ácidos graxos insaturados e a oxidação por enzimas específicas. Estas reações de oxidação causam alteração nas características sensoriais de cor e sabor e nas características nutricionais como perda de vitaminas (ORDOÑEZ, 2005; LIDON; SILVESTRE, 2007).

Para reduzir essa oxidação indesejável, pode-se fazer uso de alguma substância antioxidante, que é definida pelo Mercosul, através da Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997, como uma “substância que retarda o aparecimento de alteração oxidativa nos alimentos”, sendo o impedimento da oxidação sua principal função.

Segundo Lidon e Silvestre (2007), os antioxidantes são divididos em antioxidantes naturais e sintéticos, onde como antioxidantes naturais pode-se destacar o ácido ascórbico, os tocoferóis e o ácido cítrico, encontrados em frutas e óleos vegetais, e como antioxidantes sintéticos como o butil-hidroxianisolo (BHA) e o butil-hidroxitolueno (BHT). Alguns estudos já avaliaram a atividade antioxidante e os compostos presentes no bagaço de malte. Conforme Almeida (2014) os flavonoides, catequinas e ácido fenólico se encontram em maior quantidade no bagaço de malte.

2.5.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias altamente presentes na natureza, bem como em vegetais, frutas e também em alguns produtos industrializados. Esses compostos atuam como antioxidantes por doarem elétrons e hidrogênios, e também por possuírem radicais intermediários estáveis que impedem a oxidação de vários constituintes dos alimentos. Esses são divididos em dois grupos, flavonóides que são polifenóis e não-flavonóides que podem ser fenóis simples ou ácidos (SILVA et al, 2010)

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais

3.1.1 Aquisição do bagaço de malte

O bagaço de malte que foi utilizado para a secagem e posteriores análises foi doado por uma indústria de cerveja, localizada na cidade de Descanso, Santa Catarina. O resíduo foi retirado na filtração após a mosturação e permaneceu armazenado a -18°C no laboratório do IFSC, Campus de São Miguel do Oeste. Na figura 4, encontra-se o bagaço de malte que foi utilizado no projeto.

Figura 4 Bagaço de Malte úmido utilizado



Fonte: Elaborada pelos Autores.

3.2 Estudo do tempo de secagem do bagaço em micro-ondas e em estufa.

O tempo de secagem do bagaço de malte em estufa e por micro-ondas foi avaliado a fim de alcançar uma umidade coerente com a Legislação Brasileira entre 12% e 15% (BRASIL, 1978). Para todos os ensaios utilizou-se 85 g de bagaço de malte e a secagem foi realizada em triplicata. Após o processo de secagem, as amostras foram moídas em moedor portátil (Moinho Analítico Ika).

3.2.1 Secagem por estufa

A secagem em estufa foi realizada em equipamento da marca Lucadema (Luca-82/480), com sistema de circulação de ar forçada. Foram pesados 85 g de bagaço de malte e a secagem foi realizada à temperatura de 70 °C (SOUSA et al. 2018) até o bagaço de malte atingir entre 12% e 15% de umidade. As secagens foram realizadas nos tempos de 2, 3, 4, 7, 8, 9 horas.

Para comparação dos diferentes tempos de secagem, foram utilizadas placas de Petri de mesmo diâmetro e altura, além da aleatorização das amostras dentro da estufa e as secagens em triplicada. Estes procedimentos foram realizados, pois as variações dentro da estufa não poderiam ser controladas. Observa-se na Figura 5 um ensaio da secagem em estufa.

Figura 5 Ensaio da secagem em estufa



Fonte: Elaborada pelos Autores.

3.2.2 Secagem por micro-ondas

A secagem do bagaço de malte no forno micro-ondas foi realizada em equipamento da marca Brastemp, modelo BMX40ARBNA de capacidade para 30 L utilizando sua potência máxima. Estudou-se o tempo de secagem até atingir entre 12% e 15% de umidade. Foram pesados 85 g de bagaço de malte em um prato específico para micro-ondas, utilizando o formato da placa de Petri, como pode-se observar na Figura 6. Outro fator importante foi a realização de pausas a cada 5

minutos por necessidade do equipamento. As secagens ocorreram nos tempos de 11, 12, 13 e 14 minutos de forma aleatória.

Figura 6 Ensaio no micro-ondas



Fonte: Elaborada pelos Autores

3.2.3 Liofilização

Foram pesados 85 g de bagaço de malte em placas de metal próprias para liofilização, as amostras foram congeladas a -21°C e liofilizadas em Liofilizador de bancada (Liotop -L101), durante o período de 48 horas.

3.3 Análises de caracterização da farinha

3.3.1 Medida da umidade

A determinação da umidade durante os processos de secagem foi realizada utilizando analisador de umidade infravermelho. Para isso, utilizou-se de 3 g de amostra, o tempo de 10 minutos, com aquecimento a 120°C , que foi validada pelo método oficial em estufa 105°C (ADOLFO LUTZ, 2008).

3.3.2 Extração de compostos fenólicos do bagaço de malte

A extração dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com Almeida (2014), sendo utilizada a farinha de bagaço de malte seca em estufa e como controle a farinha de bagaço de malte liofilizada. Foram misturados 1 g de amostra de farinha de bagaço de malte com 5 mL de uma solução extratora de etanol e água 80:20 v/v e a mistura foi agitada em mesa agitadora orbital de bancada modelo NT 165, por 1 hora a 25°C e 200 rpm. As amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 12000 rpm em uma temperatura de -10 °C, onde o sobrenadante foi retirado e filtrado em papel filtro e armazenado em frasco âmbar sob congelamento, por no máximo 7 dias até o momento da análise.

3.3.3 Determinação do conteúdo total de compostos fenólicos

O conteúdo total de fenólicos nesse extrato foi determinado pelo método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu, conforme descrito por Singleton, Orthofer & Lamuela-Reventos (1998). A mistura reacional foi preparada utilizando-se 0,5 mL do extrato etanólico de bagaço de malte, 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (diluído em 1:10, v/v com água destilada) e 2 mL de carbonato de sódio a 4 % (m/v), e deixada em repouso por 2 h ao abrigo de luz. Decorrido este tempo, foram realizadas leituras das absorbâncias em espectrofotômetro (Q-898U2M5, Quimis®, São Paulo, Brasil) a 740 nm. Foi utilizada uma curva analítica de ácido gálico (2,5 a 125 mg/L) para o cálculo do conteúdo total de compostos fenólicos, que foi expresso em mg equivalente de ácido gálico/g de bagaço de malte, em base seca.

3.3.4 Determinação da capacidade doadora de átomos de hidrogênio ao radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•)

Os extratos de amostras foram avaliados quanto à capacidade de doarem hidrogênio (ou reduzirem) o radical livre DPPH•. Para tal determinação, utilizou-se a metodologia descrita por Casagrande et al. (2007) e Georgetti et al. (2008), com algumas modificações. Para a medida do sequestro do radical, 50 µL de extrato de amostra foi adicionado à mistura reacional contendo 1,0 mL de tampão acetato 0,1

mol/L (pH 5,5), 1 mL de etanol e 0,5 mL de solução etanólica de DPPH• a 300 µmol/L. A absorbância foi medida a 517 nm em espectrofotômetro (Quimis, Q898U2M5, Diadema, São Paulo, Brasil) após 15 min de incubação à temperatura ambiente. Também realizou-se o ensaio controle para desconsiderar a absorção de radiação dos componentes da amostra sem a presença de DPPH•. O branco constituiu-se pelo tampão acetato 0,1 mol/L, etanol absoluto e solvente extrator aplicado na extração dos compostos fenólicos (CASAGRANDE, et al., 2007; GEORGETTI, et al., 2008). Os resultados foram expressos em µmol equivalentes em Trolox por grama de amostra seca (µmol ET/g b.s.).

3.3.5 Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS•+ dos extratos de bagaço de malte

A capacidade antioxidante dos extratos das amostras frente ao radical livre ABTS•+ foi realizada de acordo com Sanchez-Gonzalez, Jiménez-Escrig e Saura-Calixto (2005). Preparou-se a solução ABTS•+ em meio aquoso. O cátion ABTS⁺ foi produzido reagindo 7 mM da solução estoque ABTS⁺ com 2,45 mM de persulfato de potássio. Armazenou-se a mistura em frasco escuro e em temperatura ambiente por 16 h antes do uso. A solução ABTS•+ foi diluída com tampão fosfato (pH 7,4) para uma absorbância à 730 nm. Adicionou-se 15 µL de amostra em 4 mL da solução ABTS•+ diluída. As leituras de absorbância foram realizadas a 730 nm após 6 min de reação. Soluções de concentrações conhecidas de Trolox foram usadas para calibração. Expressaram-se os resultados como µmol equivalentes em Trolox por grama de amostra em base seca (µmol TE/g b.s.) utilizando uma curva analítica de Trolox.

3.3.6 Análise estatística

Os tratamentos e as análises foram realizadas em triplicata (n= 3) e os resultados expressos como médias ± desvio padrão. Os dados foram submetidos a análise de variância one-way (ANOVA) e teste post hoc. O teste *t-Student* e o teste *de Tukey*, ao nível de significância de 5%, foram aplicados para comparação entre duas médias e entre três ou mais médias, respectivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foi medida a umidade do bagaço de malte úmido, e o mesmo apresentou $74,54\% \pm 3,71$ de umidade.

4.1 Avaliação da secagem do bagaço de malte em estufa e em micro-ondas

Na tabela 1 estão expressos os resultados da umidade do bagaço de malte após a secagem em estufa por diferentes tempos. Destaca-se que o coeficiente de variação (CV) foi menor que 10% indicando boa confiabilidade do método. Observa-se que a umidade reduziu gradativamente e de forma linear, como pode ser melhor visualizado na figura 7. O coeficiente de determinação (R^2) de aproximadamente 0,99 indica que 99% da variação dos dados experimentais foram explicadas pelo modelo linear.

Verifica-se com estes resultados que para obter uma farinha de bagaço de malte com umidade adequada (entre 12% e 15%), o processo de secagem em estufa a 70 °C deve ser realizado por período de tempo maior que 8 horas e menor que 9 horas. Dessa forma, optou-se por submeter o bagaço de malte à secagem por 8 horas 15 minutos o que resultou em uma umidade de $12,91\% \pm 0,22$, dentro da faixa de umidade considerada ideal para farinhas.

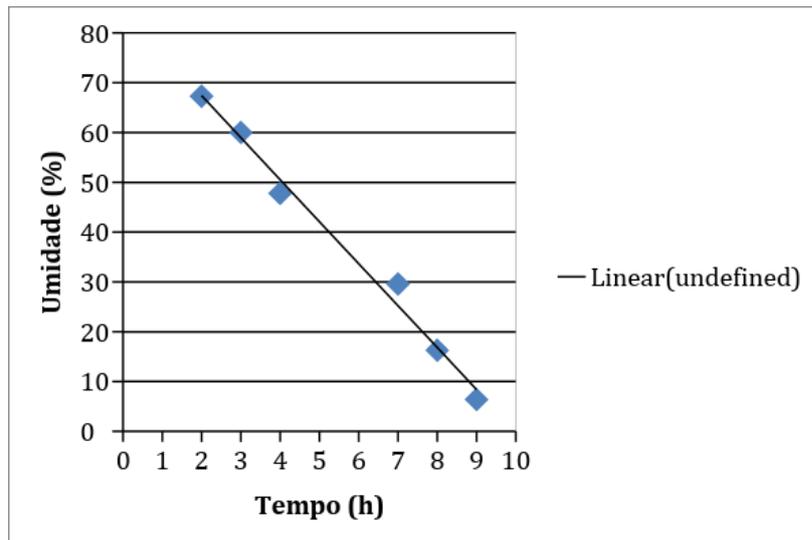
Tabela 1. Secagem do bagaço de malte úmido em estufa.

Tempo (min)	Umidade (%)	CV (%)
2	$67,30 \pm 4,26^a$	6,33
3	$60,02 \pm 2,55^b$	4,25
4	$47,80 \pm 3,78^c$	7,90
7	$29,60 \pm 0,57^d$	1,94
8	$16,28 \pm 1,33^e$	8,21
9	$6,38 \pm 0,56^f$	8,79

Resultados expressos em média (n=3) \pm desvio padrão

Médias com letra igual sobrescrita na mesma coluna não apresentam diferença significativa ($p > 0.05$)

Figura 7 Efeito do tempo de secagem em estufa a 70°C sobre a umidade



Fonte: Elaborada pelos Autores.

Constata-se que para reduzir a umidade do bagaço de malte até a metade, leva-se em torno de 4 horas e 7 horas, sendo que, em média, 10% de umidade são eliminadas a cada hora.

Outros autores também realizaram a secagem do bagaço de malte em estufa. Luft (2016) utilizou estufa com circulação de ar e temperatura de 60°C, o tempo de secagem foi de 72 horas e a umidade final de 5,27%. Alcançou-se umidade similar em apenas 9 horas de secagem, indicando que obteve-se uma secagem 8 vezes mais rápida no estudo.

Quando comparado com outros resíduos como a casca de maracujá, Ferreira e Pena (2010) realizaram a secagem em estufa a 70° C por 8,8 horas, o qual atingiu uma umidade de 6,36%, sendo um valor semelhante ao bagaço de malte que em 9 horas atingiu umidade em torno de 6%. Já Gonçalves et al. (2016) secou a casca da banana verde em estufa utilizando 75° C durante 3,3 horas e obteve umidade de 14,54%. Comparando os resultados obtidos deste trabalho para a secagem em estufa e liofilizada, os valores encontrados foram 9 e 8 vezes maiores, respectivamente.

A secagem em micro-ondas foi realizada em diferentes tempos. No entanto várias dificuldades técnicas foram encontradas, tais como homogeneização da secagem como também de variância da umidade ao longo do tempo no micro-ondas, conforme pode ser observado nos valores de coeficiente de variação na Tabela 2, contendo os valores obtidos no estudo da secagem em micro-ondas.

Tabela 2 - Secagem do bagaço de malte úmido em micro-ondas.

Tempo (Minutos)	Umidade (%)	CV (%)
11	24,40 ± 3,66	15,01
12	25,71 ± 13,81	53,73
13	22,50 ± 3,29	6,83
14	12,73 ± 1,01	7,98

Resultados expressos em média (n=3) ± desvio padrão

Dal’Toé e Fiorese (2012) realizaram a secagem do grão de soja em micro-ondas utilizando a potência média por 20 min e potência alta por 5 min, no entanto, os valores finais de umidade não foram informados, tampouco foi comentado sobre problemas de variação dos resultados.

Já Garcia, Vendrusculo e Silva (2014) encontraram dificuldades na secagem de farinhas de trigo, alguns tempos queimavam a amostra e não havia uniformidade na secagem. Seus resultados com esses problemas não foram validados no estudo por não serem considerados de confiança.

Diante todos os obstáculos encontrados e após várias tentativas de padronização dos ensaios, chegou-se a conclusão de que o equipamento possivelmente estava descalibrado, portanto, o efeito do tempo de secagem do bagaço de malte em micro-ondas é muito heterogêneo, não podendo ser avaliado.

4.2 Avaliação do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante da farinha de bagaço de malte

Para avaliar a atividade antioxidante realizou-se três análises: ABTS^{•+}, DPPH[•] e compostos fenólicos totais, todos utilizando os extratos da farinha de bagaço de malte com solução extratora etanólica. Utilizou-se duas amostras de farinha, o controle que foi do bagaço de malte liofilizado como controle e a de

secagem em estufa a 70 °C por 8 h e 15 min. Na Tabela 3 é possível observar os resultados das análises nas diferentes farinhas.

Tabela 3 - Atividade antioxidante e conteúdo de compostos fenólicos em bagaço de malte seco em estufa e liofilizado

	DPPH• ($\mu\text{mol ET/g}$)	ABTS•+ ($\mu\text{mol ET/g}$)	FT (mg EAG/g)
Estufa	0,70 \pm 0,06	15,45 \pm 0,30 ^a	0,68 \pm 0,001
Liofilizado	0,44 \pm 0,03	13,38 \pm 0,11 ^b	0,63 \pm 0,004

Os resultados foram expressos como média ($n = 3$) \pm desvio padrão

Médias com letra igual sobrescrita na mesma coluna não apresentam diferença significativa ($p > 0.05$)

DPPH = atividade antioxidante determinada pelo método DPPH•

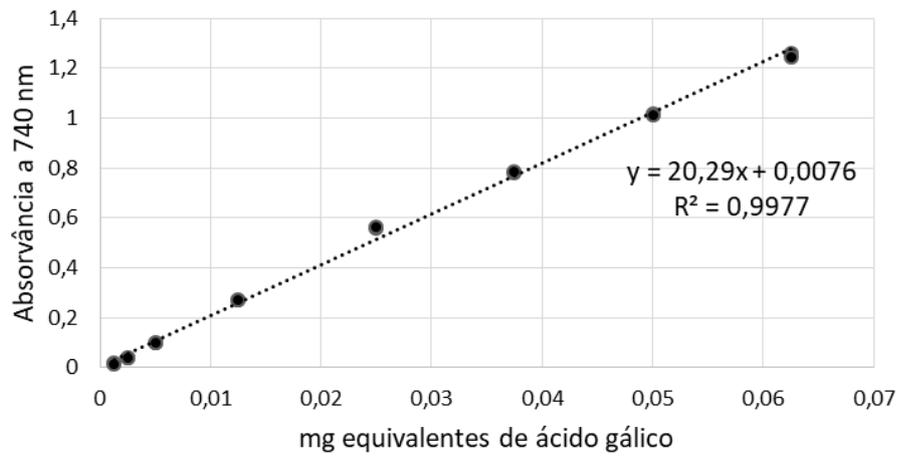
ABTS = atividade antioxidante determinada pelo método ABTS•+

FT = fenólicos totais, ET = equivalente em Trolox, EAG = equivalente em ácido gálico

O bagaço de malte seco em estufa obteve maiores resultados de atividade antioxidante e de compostos fenólicos totais, sendo que para compostos fenólicos totais, as amostras secas em estufa apresentaram um aumento de 8% em comparação com as amostras liofilizadas. Já para as análises de atividade antioxidante, pelo método DPPH• as amostras secas em estufa foram 59% superiores que as liofilizadas, enquanto para o método ABTS•+ essa diferença foi de 15,5%.

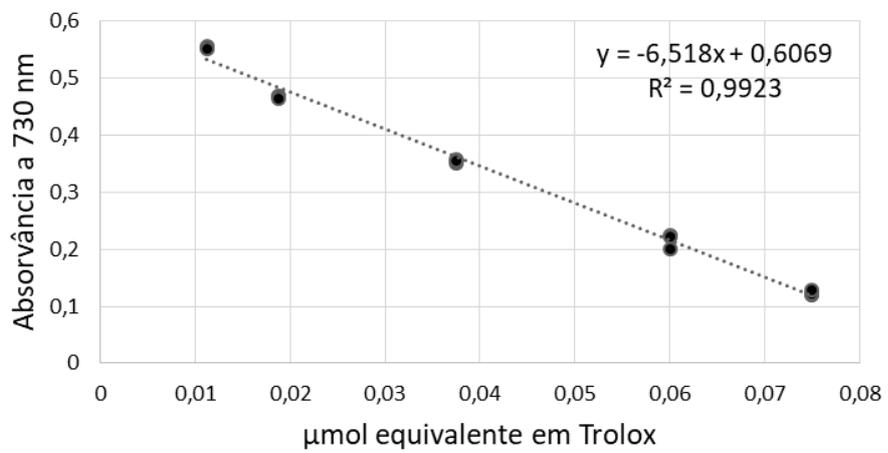
Nas Figuras 8, 9 e 10 estão apresentadas as curvas analíticas das análises antioxidantes, pelo método de determinação de compostos fenólicos totais, ABTS •+ e DPPH•. Como é possível observar, os resultados obtidos mantiveram-se próximos ao modelo linear e o coeficiente de determinação (R^2) de ambas é de 0,99, o que indica que 99% da variação dos dados experimentais foram explicadas pelo modelo linear. Nas figuras, também se encontra a equação utilizada para a obtenção dos valores encontrados nas análises.

Figura 8 Curva analítica de compostos fenólicos totais



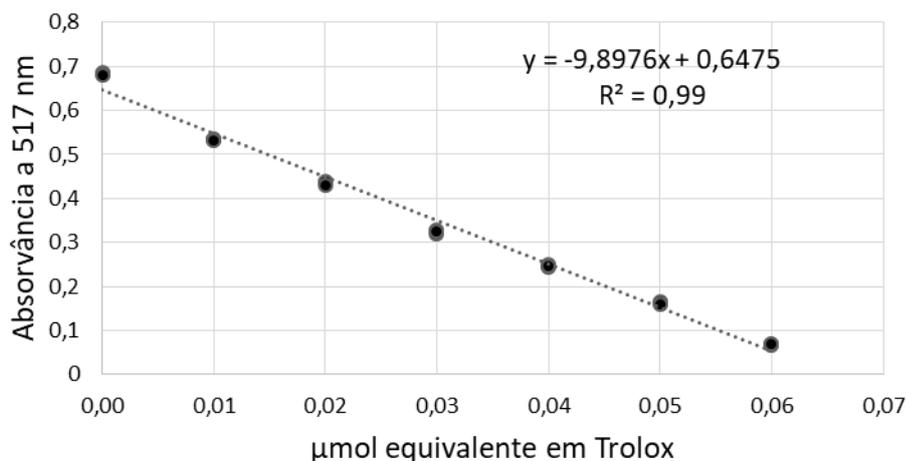
Fonte: Elaborada pelos Autores.

Figura 9 Curva analítica do método ABTS•+



Fonte: Elaborada pelos Autores.

Figura 10 Curva analítica do método DPPH•



Fonte: Elaborada pelos Autores.

Freitas (2006) e Nogueira et al. (2015) também observaram esse comportamento em seus estudos, sendo que possivelmente pode ser decorrente da saída da água através do calor possibilitar a liberação de ácidos fenólicos, concentrar os compostos presentes na amostra e deixar algumas moléculas livres, possibilitando esse aumento.

Em relação ao teor de compostos fenólicos, os resultados obtidos neste estudo para a farinha seca em estufa, são 68 ± 1 mg EAG/ 100 g e para a liofilizada $63 \pm 0,4$ mg EAG/ 100 g, onde os resultados foram convertidos para a mesma proporção utilizada por Almeida (2014) e Freitas (2006). Os valores de Almeida foram $380,28 \pm 59,99$ mg EAG/ 100 g sendo que a secagem em estufa foi à 50°C durante 24 h e utilização solução extratora de 80% de etanol, logo, os resultados encontrados foram 6 vezes maiores que o deste estudo. Já Freitas (2006) obteve $39,7 \pm 3,17$ mg EAG/ 100 g, usando secagem em estufa à 45°C e solução extratora de 80% de etanol, portanto os resultados encontrados por Freitas foram 3 vezes menores que o deste estudo. As diferenças entre os resultados podem ser atribuídas aos diferentes métodos de secagem e de extração, também tendo relação com a origem e com o tipo de malte.

Comparando os compostos fenólicos totais do bagaço de malte com os do bagaço de goiaba, os valores do bagaço de malte são inferiores, pois Melo et al. (2011) encontraram $3,41 \pm 0,09$ mg EAG/g também utilizando solução extratora

etanólica no bagaço de goiaba, o qual corresponde as cascas e sementes da fruta. Os valores foram mais altos pela grande quantidade de compostos fenólicos presentes em frutas.

Para a análise de atividade antioxidante utilizando o método ABTS•+ no bagaço de malte, Almeida (2014) encontrou $26,09 \pm 0,80$ mg/ mL, porém não é possível realizar uma comparação entre os resultados desse estudo com o atual projeto, pois a conversão não possui mesma proporção e mesma unidade de medida.

Com os resultados obtidos neste estudo para análise antioxidante pelo método ABTS•+ na amostra seca em estufa têm-se 1.545 ± 30 μ mol ET/ 100 g e a liofilizada é de 1.338 ± 11 μ mol ET/ 100 g, onde os resultados foram convertidos na mesma proporção utilizada por Freitas (2006), que também realizou a análise antioxidante no bagaço de malte pelo método ABTS•+ obtendo $167,26$ μ mol ET/ 100 g de bagaço de malte. Quando comparados, os resultados do estudo em estufa se mostra 9 vezes maior, e liofilizado se mostra 8 vezes maior que os de Freitas.

A casca do café também é um subproduto que apresenta atividade antioxidante, Baggio et al. (2007) analisou esse resíduo pelo método ABTS•+ e obteve valor de $114,68 \pm 9,06$ μ mol/g. Quando comparado ao bagaço de malte, a casca do café possui uma maior atividade antioxidante, equivalente em 12 vezes acima do bagaço de malte.

Para a análise de atividade antioxidante pelo método DPPH• no bagaço de malte também foi obtido os valores de 70 ± 6 μ mol/100 g para a estufa e para a liofilizada 44 ± 3 μ mol/ 100 g. Comparando com o estudo realizado por Freitas (2006), que obteve os resultados que variaram de $275,08$ μ mol/100 g a 496 μ mol/ 100 g. A atividade antioxidante encontrada para o bagaço de malte foi 5 vezes menor.

Almeida (2014) também analisou a atividade antioxidante do bagaço de malte pelo método DPPH• e atingiu o resultado de $6,62 \pm 0,09$ mg/mL, porém não é possível fazer uma comparação com os resultados do estudo pela proporção e a unidade de medida de Almeida ser distinta das utilizadas no estudo.

A atividade antioxidante do bagaço de malte pelo método DPPH• é inferior a aproximadamente 12 vezes do grão de soja conforme o estudo de Barbosa et al. (2006), que obteve $3,7 \pm 0,3 \mu\text{mol/g}$.

5 CONCLUSÃO

Neste estudo, analisou-se a secagem em micro-ondas e em estufa do bagaço de malte, sendo que utilizando o micro-ondas não houve uma boa aplicação e o bagaço de malte seco por este método não foi considerado. Já a secagem em estufa a 70° C, proporcionou a umidade desejada entre 12% e 15%, na faixa de 8h a 9h de secagem.

Foi observado de que a secagem em estufa proporcionou um aumento no teor de compostos fenólicos e maior atividade antioxidante na farinha, quando comparada com o bagaço liofilizado (controle).

A secagem do bagaço de malte possibilita a sua utilização na indústria alimentícia, tornando-o mais atrativo e contribuindo para o aumento do teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Contudo, a quantidade adicionada e o tipo de produto ainda devem ser estudados, assim como sua viabilidade econômica. Além disso, sugere-se buscar novas formas de secagem a fim de tornar essa operação mais viável.

REFERÊNCIAS

ALIYU, S.; BALA, M. **Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications**. African Journal of Biotechnology, v. 103, n. 3, p. 324-331, 2011.

ALMEIDA, A. da R. **Compostos Bioativos do Bagaço de Malte**: fenólicos, capacidade antioxidante in vitro e atividade antibacteriana. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Curso de Pós Graduação de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ALMEIDA, T. S. de; AZEVEDO, M. L.; DIAS, C. Avaliação da perda de Umidade de Bagaço de malte: para utilização em panificação. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Bagé, v. 7, n. 2. 2015.

AQUARONE, E. et al. **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na produção de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2001. 523 p.

BAGGIO, J. et al. Atividade antioxidante e conteúdo de fenólicos totais em cascas de café (*Coffea arabica*, L.). In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 5, 2007, Águas de Lindóia. **Anais**. Brasília: Embrapa Café, 2007.

BARBOSA, A. C. L. et al. Teores de isoflavonas e capacidade antioxidante da soja e produtos derivados. **Revista Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 921-926, out./dez. 2006.

BATISTA, E. A. **Estudo do Processo de Secagem do resíduo de malte gerado na Produção de Cerveja**. 2016. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química Industrial) – Curso de Química Industrial, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

BEZERRA, A. S. **Caracterização de Compostos Antioxidantes em grãos de diferentes cultivares de cevada (*Hordeum vulgare* L.)**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

BOURSCHEIDT, C.T. et al. Estudo da secagem do bagaço de malte úmido obtido do processo industrial de cervejaria. In: II INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT, 2., 2011, Foz

do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2011. p. 11-15.

BRASIL. Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997. Padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 de set. 1997. Seção 1, p. 19549.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Padronização, classificação, registro, inspeção, produção e a fiscalização de bebidas. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Brasília, DF, 4 de junho de 2009.

BRASIL. Decreto nº 12.486, de 20 de outubro de 1978. Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, p. 20, 21 out. 1978.

BRASIL. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aditivos Alimentares: definições, classificação e emprego. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de outubro de 1997.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política nacional de resíduos sólidos. **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Seção 1.

CASAGRANDE, R. et al. *In vitro* evaluation of quercetin cutaneous absorption from topical formulations and its functional stability by antioxidant activity. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 328, p. 183-190, 2007.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 51 p.

CELUS, I.; BRIJS, K.; DELCOUR, J. A. **The effects of malting and mashing on barley protein extractability**. *Journal of Cereal Science*, n. 44, p. 203-211, 2006.

CERVBRASIL. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. 2016. 64 p.

CORDEIRO, L. G. **Caracterização e viabilidade econômica do bagaço de malte oriundos de cervejarias para fins energéticos**. 2011. 121 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

COSTA, R. H. K. **Produção de Cerveja com baixo teor alcoólico**. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Programa) - Curso de Pós-graduação em Biotecnologia Industrial, Universidade de São Paulo, Lorena, 2016.

DAL'TOÉ, A. T. O.; FIORESE, M. L. Estudo da secagem da casca de soja para utilização com fins alimentícios . **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 363-372, 2012.

DIAS, L. G. **Estudo do Processo de Secagem em Esfufa e por micro-ondas de compósitos cerâmicos de Argila e Resíduos de Esteatito**. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Curso de Pós Graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei, 2013.

ESKIN, N. A. M.; SHAHIDI, F. **Bioquímica de alimentos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 518 p.

FERRINHO, A. M. et. al. Resíduos de cervejaria: Uma alternativa na nutrição animal. In: SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE E CIÊNCIA ANIMAL, 3, 2013, Pirassununga. **Resumos...** Pirassununga: CNPQ, 2013.

FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. da S. Estudo da secagem da casca de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 15-28. 2010.

FERREIRA, M. S. B. **Elaboração de biscoito integral empregando resíduo da indústria cervejeira na formulação**. 2017. 58 f. Tese (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

FREITAS, G. L. de. **Potencial antioxidante e compostos fenólicos na cerveja, chopp, cevada (*hordeum vulgare L.*) e no bagaço de brassagem**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Curso de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GARCIA, L. G. C.; VENDRUSCOLO, F. SILVA, F. A. da. Determinação do teor de água em farinhas por micro-ondas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.1, p.17-25, 2014.

GEORGETTI, S. R. et al. Spray drying of the soybean extract: Effects on chemical properties and antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, p.

1521–1527, 2008.

GONÇALVES, J. Q. et al. Secagem da casca e polpa da banana verde (*Musa acuminata*): propriedades físicas e funcionais da farinha. **Global Science and technology**, Rio Verde, v. 09, n. 03, p. 62-72, set./dez. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3ed. IAL: São Paulo, 1985. 1v.

KLAGENBOECH, R., SILVA, G. M. C. Influência da velocidade cinética de secagem e nas características nutricionais da mistura de bagaço de malte e levedura (*Saccharomyces cerevisiae*). In: XVII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA DO PARANÁ, 17., 2012, Paraná. **Anais...** Paraná: 2012. p. 1-8.

LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. da. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de secagem de micro-ondas e convencional. **Original Article**, Uberlândia, v. 25, n. 3, mai/jun. 2009.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) The upgrading concept; (B) Practical implementations. **Bioresource Technology**. v. 261. p. 137-198. abr. 2003.

LIDON, F.; SILVESTRE, M. M. **Indústrias Alimentares**. 1. ed. Rio de Janeiro: Escolar, 2007. 360 p.

LUFT, L. **Hidrólise Enzimática do Bagaço de Malte usando tecnologias alternativas visando à obtenção de açúcares fermentescíveis**. 2016. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

MARCANTE, N. C. et al. Determinação da matéria seca e teores de macronutrientes em folhas de frutíferas usando diferentes métodos de secagem. **Ciência Rural**, Santa Maria, set. 2010.

MATHIAS, T. R. S.; MELLO, P. P. M. de; SERVULO, E. F. C. Caracterização de resíduo cervejeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20, 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Galoá, 2014.

MATTOS, C. **Desenvolvimento de um pão fonte de fibras a partir do Bagaço de malte**. 2010. 41 f. Dissertação (Título de Engenheiro em Alimentos) - Curso de Graduação em Engenharia em Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MELO, P. S. **Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

MELO, P. S. et al. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6. P. 1088-1093. 2011.

NIEMI, et al. Characterization of Lipids and Lignans in Brewer's Spent Grain and Its Enzymatically Extracted Fraction. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 39, p. 9910-9917, 10 set. 2012.

NOGUEIRA, G. D. R. et al. Avaliação dos teores compostos bioativos após a secagem de resíduo de acerola em micro-ondas a vácuo. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 37, 2015, São Carlos, **Anais**. São Carlos.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 1. ed. Barueri: Manole Ltda, 2006. 112p.

OLAJIRE, A. A. **The brewing industry and environmental challenges**. J. Cleaner Prod., p. 1-21, 2012.

ORDOÑEZ, J. A. P. et al. **Tecnologia de alimentos**: Componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

PERIM, G. A. et. al. Influência do pH na Cerveja Artesanal. In: SIMPÓSIO DE BIOQUÍMICA E BIOTECNOLOGIA, 3, 2013, Londrina. **Anais...**Londrina: BBR, 2013. v. 2. p. 261-264.

PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Flórida: CRC Press and Taylor & Francis Group, 2006. 829p.

REBELLO, F. F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**. Minas Gerais, v. 1, n. 3, p 145-155, dez. 2009.

ROBERTSON, J. A., et al. Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. **Journal of Food Science and Technology**, 43, p. 890-896, 2010.

ROCHA, R. F. R. M. da. **Monitorização de parâmetros físico-químicos do grão de cevada/malte ao longo do processo de maltagem**. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Curso de Pós-graduação em Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2014.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2001.

SANTOS, D. M. **Aproveitamento do Bagaço de Malte na Produção de Polpa Celulósica e Carboximetilcelulose**. 2014. 133 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciências Moleculares) - Curso de Pós-graduação em Ciências Moleculares, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

SANTOS, M. S. dos; RIBEIRO, F. de M. **Cervejas e Refrigerantes**. 9. ed. São Paulo: CETESB, 2005. 58 p.

SÁNCHEZ-GONZALEZ, I.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; SAURA-CALIXTO, F. *In vitro* antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (italian, espresso and filter). **Food Chemistry**, v.90, p.133-139, 2005.

SILVA, H. A.; LEITE, M. A.; PAULA, A. R. V. de. Cerveja e Sociedade. **Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade**. São Paulo, v. 4, nº 2, p. 85-91, mar. 2016.

SILVA, L. C. da. Secagem de Grãos. **Grãos Brasil : Da Semente ao Consumo**. Espírito Santo, n. 14, p. 10-14, maio. 2004.

SILVA, M. L. C. et al. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. In: CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 3, 2010, Londrina, **Anais...** Londrina, v.31, n. 3, p. 669-682, jul/set. 2010.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, América do Norte, 2009. 498 p.

SOUSA, F. T. et al. Modelagem matemática da secagem e propriedades físicas e funcionais do bagaço de malte. In: *Global Science and Technology*, 03, 2016. **Anais...** Rio Verde, v. 09, n. 03, p. 51-61, set/dez. 2016.

SOUZA, A. A; **Resíduos de cervejaria na nutrição de bovinos de corte**. 2004. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br>. Acesso em: 24 de abr. 2018.

SUCUPIRA, N. R., et al. Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. **UNOPAR Ciências biológicas e da saúde**, v. 14, n. 4, p. 263-269. 2012.

VASCONCELOS, Y. Inovações Cervejeiras. **Pesquisa Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**, São Paulo, ed. 251, p. 20-25, jan. 2017.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 612 p.

ZAPAROLI, J. C. **Avaliação da Incorporação de Resíduo Seco do Processo de Malteação em Bolo de Chocolate**. 2013. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ZHAOXIA, L. et al. **Thechniques optimization of combined enzymatic hydrolisis on brewers' spent grain from Novozymes**. *Journal of Life Sciences*, v. 6, p. 1232-1236, 2012.