

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**LUANA KUBASKI  
PAULA BAUTO ITO**

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL A  
PARTIR DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE BATATA E CERVEJA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA  
2017**

**LUANA KUBASKI  
PAULA BAUTO ITO**

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL A  
PARTIR DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE BATATA E CERVEJA**

Projeto de Conclusão de Curso II  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química, do Departamento  
de Engenharia Química, da  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Helene  
Giovanetti Canteri.

**PONTA GROSSA**

**2017**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Desenvolvimento de Embalagem Biodegradável a partir de Resíduos da Indústria de Batata e Cerveja

por

Luana Aparecida Kubaski e Paula Bauto Ito

Monografia apresentada no dia 31 de outubro de 2017 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

---

Prof. Dr. Cesar Arthur Martins Chornobai  
(UTFPR)

---

Me. Luciano Moro Tozetto  
(UTFPR)

---

Profa. Dra. Maria Helene Giovanetti Canteri  
(UTFPR)  
Orientador

---

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins  
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

## RESUMO

KUBASKI, Luana Aparecida; ITO, Paula Bauto. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de resíduos da indústria de batata e cerveja.** 2017. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Com o crescimento da população mundial, houve o aumento do consumo de produtos industrializados e, portanto, o aumento de resíduos sólidos urbanos. Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (2012), aproximadamente 1/5 dos resíduos sólidos urbanos são constituídos por embalagens. Além disso, o tempo de decomposição do plástico na natureza é de mais de 400 anos. Assim, esse trabalho propõe o desenvolvimento de uma embalagem biodegradável com a utilização de resíduos agroindustriais provenientes da indústria da batata e da cerveja. O método escolhido foi o *foam-mat*, um processo rápido e de baixo custo. Os resíduos agroindustriais adicionados foram o trub e o bagaço de malte, ricos em proteínas e fibras, respectivamente. Porém a embalagem apresentou aspecto esfarelado. Então fez-se necessário a adição de aditivos como a pectina e o glicerol. A pectina tem a função de manter a estrutura da embalagem e o glicerol, tem a função de deixar a embalagem um pouco maleável, para não quebrar tão facilmente. A obtenção de uma embalagem constituída por estes componentes oferece um custo menor, baixa toxicidade e um tempo de biodegradabilidade de aproximadamente 14 dias.

**Palavras – chave:** embalagem, biodegradável, resíduo da cerveja, resíduo da batata, *foam-mat*.

## ABSTRACT

KUBASKI, Luana Aparecida; ITO, Paula Bauto. **Development of biodegradable packaging from waste from the potato and beer industry.** 2017. 44p. Course Completion Work (Bachelor of Chemical Engineering) - Federal Technological University of Parana. Ponta Grossa, 2017.

There has been an increase in the consumption of industrialized products due to the growth of world population, and, therefore, an increase in urban solid waste. According to data from the Ministry of Environment (2012), approximately 1/5 of urban solid waste consists of packaging. In addition, the decomposition time of the plastic in nature is over 400 years. Thus, this work proposes the development of a biodegradable packaging from residues of potato and beer industry. The method chosen has been foam-mat, a quick and inexpensive process. The added residues were trub and bagasse, rich in proteins and fibers, respectively. However, the packaging presented a crumpled appearance. Therefore, the addition of additives such as pectin and glycerol has been necessary. Pectin has the function of maintaining the structure of the packaging, and the glycerol has the function of leaving the packaging a little malleable to not breaking easily. Obtaining a package consisting of these components offers a lower cost, low toxicity, and a biodegradability time of approximately 14 days.

Key words: packaging, biodegradable, beer residue, potato residue, *foam - mat*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Geração de resíduo sólido urbano no Brasil .....	12
Figura 2 - Coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil .....	13
Figura 3 - Valor bruto (R\$) da produção de embalagem por segmento .....	15
Figura 4 - Estrutura da amilose .....	21
Figura 5 - Estrutura da amilopectina .....	22
Figura 6 - Estrutura do glicerol .....	25
Figura 7 - Modelo esquemático da secagem por <i>foam-mat</i> .....	27
Figura 8 - Embalagem após secagem completa .....	36
Gráfico 1 - Perda de massa da embalagem ao longo do tempo .....	37
Fluxograma 1 - Processo de produção da embalagem biodegradável .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008 .....	14
Tabela 2 - Decomposição dos materiais na natureza .....	14
Tabela 3 - Composição aproximada de uma batata-inglesa de 150g .....	19
Tabela 4 - Composição de amilose e amilopectina de amidos naturais .....	20
Tabela 5 - Intervalos de gelificação de amidos .....	23
Tabela 6 - Formulações da Embalagem.....	31
Tabela 7 - Teor de umidade dos resíduos.....	34
Tabela 8 - Capacidade de absorção de água em diferentes testes .....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS

g	grama
cal	caloria
mg	miligrama
Kg	kilograma
$\alpha$	alfa
°C	graus Celsius
$\mu$ L	microlitro
ml	mililitro
L	litro
cm	centímetro

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABBA	Associação Brasileira da Batata
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>12</b>
3.1	EMBALAGENS	12
3.1.1	<i>Embalagens para Alimentos</i>	16
3.1.2	<i>Embalagens Biodegradáveis</i>	17
3.2	RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	18
3.2.1	<i>Resíduo do Processamento da Batata Inglesa</i>	18
3.2.2	<i>Resíduos da Produção de Cerveja</i>	23
3.3	ADITIVOS PARA PRODUÇÃO DE EMBALAGEM	24
3.3.1	<i>Pectina</i>	24
3.3.2	<i>Glicerol</i>	25
3.3.3	<i>Emulsificantes e Estabilizantes</i>	25
3.4	MÉTODO DE SECAGEM POR FORMAÇÃO DE ESPUMA (FOAM-MAT)	26
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>28</b>
4.1	MATERIAL	28
4.2	MÉTODOS	28
4.2.1	<i>Preparação do Resíduo da Cerveja</i>	28
4.2.2	<i>Preparação do Resíduo da Batata</i>	28
4.2.3	<i>Caracterização dos Resíduos</i>	29
4.2.4	<i>Desenvolvimento da Embalagem</i>	30
4.2.5	<i>Análise de Propriedades Físicas</i>	31
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>34</b>
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS	34
5.1.1	<i>Umidade</i>	34
5.1.2	<i>Cinzas</i>	34
5.2	DESENVOLVIMENTO DA EMBALAGEM	35
5.2.1	<i>Avaliação da moldagem de misturas com diferentes proporções de resíduo do processamento do bagaço de cevada e trub.</i>	35
5.2.2	<i>Adição dos aditivos</i>	35
5.2.3	<i>Comparação de Propriedades Físicas</i>	36
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>39</b>
	REFERÊNCIAS	40

## 1 INTRODUÇÃO

O poliestireno expandido, mais conhecido no Brasil como isopor é um polímero sintético muito utilizado na produção de embalagens, porém tem como desvantagem o fato de não ser biodegradável, pois é derivado do petróleo, um recurso não renovável.

Nos últimos anos, o interesse em desenvolver embalagens biodegradáveis a fim de substituir os polímeros sintéticos não biodegradáveis vem crescendo, uma vez que esses resíduos sólidos urbanos acabam por causar grandes impactos ambientais devido ao descarte no meio ambiente, ocupando muito espaço nos aterros sanitários e lixões, acarretando possíveis problemas de saúde, devido a sua composição química.

Levando em consideração essas abordagens apresentadas, a pergunta problema deste projeto será: como promover o uso de resíduos industriais de cerveja e batata na região dos Campos Gerais, no estado do Paraná, como matéria-prima na produção de embalagens? Assim, o projeto aqui descrito levanta como hipótese para o problema exposto: a viabilidade da obtenção de uma embalagem biodegradável composta por ao menos 70% desses resíduos.

Por se tratar de um projeto com grande destaque ambiental, a justificativa para sua realização vem da necessidade de encontrar uma utilidade para esses resíduos descartados e de um produto substituto do polímero poliestireno expandido, a fim de diminuir o impacto causado por embalagens convencionais. Neste contexto, o vigente trabalho identifica uma alternativa para o problema por meio da transformação desses resíduos, com o intuito de gerar como produto final a embalagem biodegradável.

Os materiais de origem agrícola são os insumos mais utilizados como matéria-prima para produção de embalagens biodegradáveis, destacando-se a batata, devido ao seu baixo custo, baixa densidade, baixa toxicidade e biodegradabilidade, escolhida na utilização deste projeto também por ser descartada em larga escala em uma indústria da região dos Campos Gerais - PR, visando assim, o reaproveitamento do resíduo gerado. Outra contribuição da batata é ser fonte de amido, composto de grande importância por tratar-se de um polímero natural, com capacidade de formação de filmes e espumas

quando gelatinizado e seco, em função do processo utilizado. Porém, as propriedades hidrofílicas do amido são um obstáculo para as embalagens de alimentos, devido a sua baixa resistência à água. Pensando nisso, a adição de fibra vegetal se torna uma boa alternativa, visto que possui alta resistência, peso reduzido e boas propriedades de barreira.

Na produção de cerveja, inicialmente é gerado um resíduo industrial de baixo valor agregado após a produção do mosto, chamado de bagaço de cevada, sendo o mais importante subproduto da indústria cervejeira, constituído principalmente por material fibroso e representando a maior parcela dos coprodutos gerados em todo o processo da cerveja. Mais adiante, após o cozimento do mosto, obtém-se um segundo resíduo sólido resultante principalmente da coagulação de proteínas, designado de *trub* quente. As micro cervejarias de Ponta Grossa descartam os seus resíduos sem o devido tratamento, visto que a legislação vigente é somente para cervejarias maiores. Sendo assim, torna-se necessário encontrar outras formas de reaproveitamento desses resíduos, diminuindo o total de sólidos descartados em aterro sanitário, melhorando a imagem das indústrias que investirem nessa prática e possivelmente gerando interesses econômicos atraentes.

Para diminuir ainda mais a retenção de água pelas embalagens, a adição de pectina se torna uma alternativa de interesse, visto ser um polissacarídeo presente nas células da parede celular de diversas plantas, responsável pela manutenção da estrutura e sustentação. A pectina é conhecida por suas propriedades geleificante, espessante e estabilizante.

A inovação deste trabalho é a utilização do método *foam-mat*, que consiste na secagem de alimentos líquidos ou semilíquidos para posterior formação de uma espuma estável, através da incorporação de ar e adição de um agente emulsificante/estabilizante. É um processo de baixo custo, fácil operação e de fácil secagem.

Buscando uma alternativa economicamente viável e não prejudicial ao meio ambiente, o trabalho aqui exposto apresenta uma forma de substituir o isopor por materiais inócuos e que, em paralelo, utilize resíduos usualmente descartados pela indústria de cerveja e da batata.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma embalagem biodegradável do tipo polímero celular a partir de resíduos industriais.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a moldagem de misturas com diferentes proporções de resíduo do processamento da batata, bagaço de cevada e *trub*;
- Testar a adição de diferentes aditivos, também biodegradáveis – como a pectina e o glicerol – na produção da embalagem;
- Estabelecer o protocolo de produção de uma embalagem biodegradável pelo método de *foam-mat*, a partir do resíduo do processamento da batata juntamente com o bagaço de cevada e o *trub*;
- Avaliar as propriedades químicas dos resíduos utilizados através de análises de umidade e cinzas dos resíduos utilizados;
- Avaliar as propriedades físicas e químicas através de análises de densidade, capacidade de absorção de água e biodegradabilidade da embalagem com melhor formulação.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 EMBALAGENS

As embalagens fazem parte da vida do homem desde as civilizações mais antigas, quando na história da humanidade o homem se deparou com a necessidade de um recipiente para transportar, armazenar e conservar alimentos e água para garantir sua sobrevivência em tempos de escassez (MARIANO, 2004).

A embalagem é um recipiente ou envoltura que armazena produtos temporariamente, individualmente ou agrupando unidades, tendo como principal função protegê-lo e estender o seu prazo de vida (*shelf life*), viabilizando sua distribuição, identificação e consumo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS, 200-?).

Com o aumento do consumo de produtos industrializados devido ao crescimento populacional mundial, a embalagem tem evoluído de acordo com o desenvolvimento da infraestrutura e economia do país, tornando-se fundamental para – ao atender as necessidades alimentícias da sociedade – disponibilizar produtos com segurança e informação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS, 200-?).

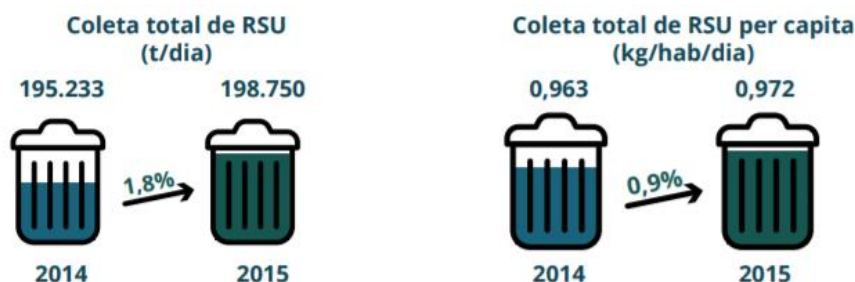
No Brasil, de acordo com dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza (2015) e como mostrados na Figura 1, em 2015 a geração total de resíduos sólidos urbanos correspondeu a aproximadamente 218.874 t/dia, mostrando um aumento de 1,7% com relação ao ano anterior.



Fonte: ABRELPE e IBGE (2015)

Ainda, com dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza (2015), a quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados no ano de 2015, mostrado na Figura 2, teve um aumento de 1,8% comparado ao ano de 2014, sendo a Região Sudeste a responsável pelo maior percentual de cobertura dos serviços de coleta do país, correspondendo a aproximadamente 53% do total.

**Figura 2 - Coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil**



Fonte: ABRELPE e IBGE (2015)

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2012), um terço do lixo doméstico é composto por embalagens das quais possivelmente 80% foram descartadas depois de utilizadas somente uma vez. O problema desse excesso de embalagens descartadas, ainda de acordo com o Ministério do Meio Ambiente é que muitas, por não serem recicladas acabam por superlotar os lixões e aterros ou são descartadas de forma incorreta em rios, sendo a maior quantidade embalagens de sacolas plásticas.

Em agosto de 2010, no Brasil, foi aprovada a lei 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A elaboração desse plano designou-se a traçar diretrizes, estratégias e metas para uma disposição mais adequada dos diversos resíduos sólidos gerados (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2011).

Com base nos dados utilizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada para a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, é possível examinar a situação dos principais resíduos sólidos urbanos através da Tabela 1, que tem por base a composição gravimétrica média dos resíduos sólidos urbanos no Brasil no ano 2008.

**Tabela 1 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008**

<b>Resíduos</b>	<b>Participação (%)</b>	<b>Quantidade (t/dia)</b>
<b>Material reciclável</b>	<b>31,9</b>	<b>58.527,40</b>
<b>Metais</b>	2,9	5.293,50
<b>Aço</b>	2,3	4.213,70
<b>Alumínio</b>	0,6	1.079,90
<b>Papel, papelão e tetrapak</b>	13,1	23.997,40
<b>Plástico total</b>	13,5	24.847,90
<b>Plástico filme</b>	8,9	16.399,60
<b>Plástico rígido</b>	4,6	8.448,30
<b>Vidro</b>	2,4	4.388,60
<b>Matéria orgânica</b>	<b>51,4</b>	<b>94.335,10</b>
<b>Outros</b>	<b>16,7</b>	<b>30.618,90</b>
<b>Total</b>	100	183.481,50

Fonte: IBGE (2010)

A parcela de resíduos plásticos em relação à matéria orgânica é relativamente pequena, porém traz consigo o aspecto negativo chamado de volume aparente ou “lixo visual” e o tempo que demanda para se decompor na natureza.

A Tabela 2 apresenta o tempo de decomposição de alguns materiais na natureza:

**Tabela 2 - Decomposição dos materiais na natureza**

<b>Material</b>	<b>Tempo de decomposição na Natureza</b>
Papel	De 3 a 6 meses
Tecidos	De 6 meses a 1 ano
Metal	Mais de 100 anos
Alumínio	Mais de 200 anos
Plástico	Mais de 400 anos
Vidro	Mais de 1000 anos

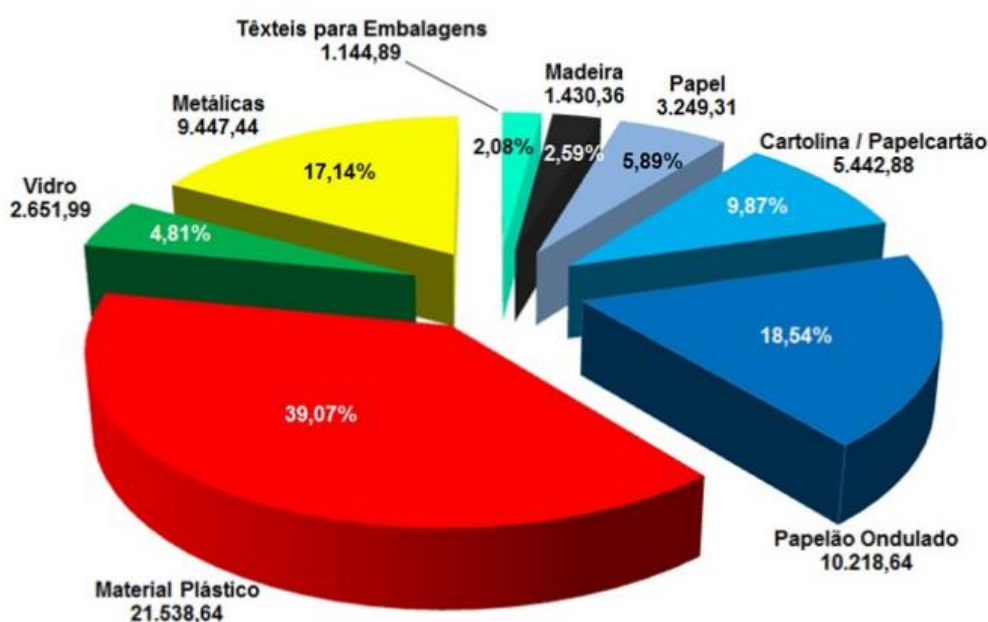
Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2012)

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (2012), cerca de 1/5 dos resíduos sólidos urbanos são constituídos por embalagens, cuja estimativa de chegada em aterros e lixões, diariamente, é de 25 mil toneladas.

Materiais plásticos vêm ganhando destaque no mercado competidor, uma vez que as embalagens plásticas têm se tornado uma opção para substituir recipientes de vidros e metálicos, pois mesmo que ocorra uma redução no aspecto proteção, seu uso é compensador com relação ao fator econômico (JORGE, 2013).

Os plásticos, de acordo com a Associação Brasileira de Embalagens (2015) possuem maior participação na produção, representando 39,07% do total, como ilustrado na Figura 3:

**Figura 3 – Valor bruto (R\$) da produção de embalagem por segmento**



**Nota: Valores em milhares de reais atualizados para 2014**  
**Fonte: IBGE, 2013**

Carr (2007, apud DAVIS e SONG, 2006) explica que embalagens plásticas são mais difíceis de reciclar e que o processo torna-se mais caro devido ao fato de serem constituídas por diversos polímeros compostos por diferentes aditivos como cargas, colorantes e plastificantes, dificultando a seleção de uma técnica adequada para o seu reprocessamento.

Portanto, algumas pesquisas e estudos vêm sendo feitas com a finalidade de obter processamentos que possam substituir esses polímeros por matérias-primas que não agridam o meio ambiente, ou seja, biodegradáveis. E, dentre os mais utilizados, os materiais de origem agrícola recebem destaque



por serem baratos, disponíveis o ano todo e oriundos de fonte renovável (CARR, 2007).

### 3.1.1 Embalagens para Alimentos

A embalagem é parte fundamental de todas as operações de processamento de alimentos. Deve possuir uma estética agradável, com fechamento seguro e de tamanhos e formas funcionais de maneira a preservar o alimento de modo apropriado para o consumidor, sem ocorrência de vazamentos, podendo servir como possível recipiente e que, além disso, seja reciclável ou de descarte e reutilização fácil (FELLOWS, 2006).

As embalagens de alimentos podem ser divididas em três grupos (JORGE, 2013):

- Embalagem primária: em contato direto com o alimento, sendo responsável pela conservação do produto. Ex.: filmes, latas, garrafas.
- Embalagem secundária: recobre a embalagem primária, responsável pela proteção mecânica e em alguns casos pela informação do produto. Ex.: caixa de papel, cartão ou cartolina.
- Embalagem terciária: usada para o transporte, agrupando várias embalagens primárias ou secundárias. Ex.: caixa de papelão.

De acordo com Fellows (2006), as principais funções da embalagem são: contenção, proteção, comunicação, maquinabilidade e conveniência. Devem conter os produtos de maneira a deixá-los seguros e protegê-los de fatores mecânicos ou ambientais durante a distribuição e o uso. Para comunicar os conteúdos e auxiliar na venda, devem ser identificadas, fornecendo também informações sobre o uso ou modo de abertura dos conteúdos. A maquinabilidade permite que alcancem um bom desempenho em linhas de produção de alta velocidade. As embalagens devem ser convenientes durante todo o sistema de produção, desde a estocagem e distribuição, até abertura, utilização e descarte fáceis.

O tempo de prateleira dos alimentos é definido pelas características das embalagens, que devem possuir resistência à umidade, resistência

mecânica e evitar a migração de substâncias para seu interior, uma vez que durante o transporte, armazenamento e manuseio os alimentos acabam sendo danificados em decorrência de contaminação por micro-organismos, umidade relativa, temperatura, luz e calor. E ainda, dentre as propriedades mecânicas mais importantes – evitando que as embalagens se danifiquem em circunstâncias como empilhamento, vibração e queda – destaca-se a resistência à compressão, à tração, à torção e ao impacto e à deformação (CARR, 2007).

Segundo Stoffel (2015, apud KAISANSGSRI et al., 2012) o material mais utilizado na fabricação de embalagens convencionais, em razão de sua baixa densidade, propriedade de isolamento térmico e seu baixo custo, é o poliestireno expandido. Entretanto, mesmo com todas essas propriedades favoráveis, o poliestireno expandido é um material não biodegradável e que leva anos para se decompor, prejudicando o meio ambiente.

### 3.1.2 Embalagens Biodegradáveis

A cada dia aumenta o interesse em desenvolver embalagens biodegradáveis a fim de substituir as embalagens tradicionais que utilizam como matéria-prima materiais sintéticos não biodegradáveis, que comprometem o meio ambiente em consequência de seu descarte incorreto. Uma alternativa que não prejudica a natureza, de caráter renovável e economicamente viável, é a utilização de matérias-primas vegetais – como amido e celulose – na substituição do poliestireno expandido (NAIME et al., 2009).

Stoffel (2015, apud NAIME, 2010) atesta que o fator que diferencia significativamente embalagens biodegradáveis de embalagens convencionais é o tempo que levam para a degradação após seu descarte. As embalagens de fontes renováveis levam de 6 a 12 meses para se degradar, enquanto as outras demoram até 200 anos.

Um dos polímeros naturais mais estudados é o amido, utilizado na produção de espumas em virtude de seu baixo custo, baixa densidade, baixa toxicidade e biodegradabilidade. Estas espumas de amido podem ser obtidas por diferentes processos, incluindo extrusão ou cozedura por molde quente. As embalagens obtidas a partir de espumas de amido, além de serem totalmente biodegradáveis, apresentam boas propriedades mecânicas e custo competitivo no mercado. Porém, uma das dificuldades encontradas está na baixa resistência que o amido possui a água em função de suas propriedades hidrofílicas, evitando que produtos com elevado teor de umidade sejam embalados nesse tipo de material (NAIME et al., 2012).

Uma maneira de reforçar essas embalagens seria utilizando-se fibras vegetais, uma vez que essas fibras naturais possuem boas propriedades de barreira e alta resistência.

## 3.2 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Os resíduos agroindustriais aplicados no projeto foram do processamento da batata inglesa e da produção de cerveja.

### 3.2.1 Resíduo do Processamento da Batata Inglesa

Atualmente, a batata ocupa a quarta posição dentre os alimentos mais consumidos no mundo, sendo superada pelo trigo, arroz e milho (LOPES; BUSO, 1999). A batata-inglesa é considerada a principal hortaliça no Brasil, apresentando uma previsão de 124 mil hectares a serem plantados no ano de 2016, com uma produção de aproximadamente 1,77 milhões de toneladas (IBGE, 2016). No abastecimento brasileiro, aparecem os Estados de Minas Gerais (37%), São Paulo (26%) e Paraná (23%). Estes produzem mais de 86% do total nacional em três safras e participam do abastecimento dos principais centros do Brasil (FILHO; ALVES, 2005). Cerca de 35% da batata produzida é descartada no processo de industrialização (BALSALOBRE, 2006). No Brasil, aproximadamente são descartadas mais de 300 mil toneladas de cascas de batata por ano (FERNANDES et al, 2008). Os descartes no campo, o processo

de lavagem e seleção ou o preço indevido que inviabiliza a comercialização, são as principais fontes de resíduos (ANDERSON, 2006)

### 3.2.1.1 Características químicas da batata

Os tubérculos das batatas são compostos por aproximadamente 76% de água, 17% de carboidratos, 2% de proteínas, 0,3% de açúcares redutores, 1,1% de cinzas, 25mg/100g de vitamina C e pequenas quantidades de lipídios (SABLANI; MUJUMDAR, 2006).

Aproximadamente 80% do peso dos carboidratos da batata são de amido, com uma proporção de 75%–79% de amilopectina e 21%-25% de amilose. A composição química da batata está descrita na Tabela 3 (ANDERSON, 2006).

**Tabela 3 - Composição aproximada de uma batata-inglesa de 150g**

Energia	150 cal
Proteínas	3,7g
Lipídios (gordura)	0g
Carboidratos	23g
Fibras	27g
Sódio	5mg
Potássio	729mg

**Fonte: Associação Brasileira da Batata – ABBA (200-?)**

### 3.2.1.2 Amido

O amido é bastante acessível na natureza, sendo encontrado em vegetais de folhas verdes, seja nas raízes, caules, sementes ou frutas. O amido serve como alimento para a planta, propiciando energia em épocas de dormência e germinação, sendo semelhante no ser humano, nos animais e, até mesmo, em outros organismos e formas de vida (WANKENNE et al, 2013).

O homem utiliza o amido de várias formas, além de sua finalidade inicial de fonte de energia biológica. Praticamente todos os setores industriais utilizam o amido ou seus derivados (WANKENNE et al, 2013).

As indústrias alimentícias são as maiores consumidoras de amido, porém, é usado também em um grande número de processos industriais, sendo de grande importância seu uso pela indústria química e têxtil (LEONEL & CEREDA, 2002).

O amido é utilizado para alterar ou controlar diversas características, como textura, aparência, umidade, consistência e estabilidade no armazenamento. Pode também ser usado para ligar ou desintegrar, expandir ou adensar, clarear ou tornar opaco, reter umidade ou inibi-la. Também serve tanto para estabilizar emulsões quanto para formar filmes resistentes ao óleo (WANKENNE et al, 2013).

Segundo PARKER; RING (2000, apud SCIPIONI, 2011), o amido caracterizado por  $\alpha$ -1,4 glicano, é composto por duas moléculas de polissacarídeos distintos, enroladas em espiral, sendo separáveis, apresentando o componente totalmente linear, amilose, e o componente ramificado em uma estrutura arborescente, amilopectina.

Na Tabela 4 é apresentado o percentual de amilose e amilopectina, em relação ao total de amido, presente em alguns vegetais.

**Tabela 4 - Composição de amilose e amilopectina de amidos naturais**

<b>Amido</b>	<b>Amilose (%)</b>	<b>Amilopectina (%)</b>
Milho	24-27	70
Arroz	15-18,5	79
Trigo	20-25	80
Mandioca	16,7-20	80
Batata-inglesa	22-25	75

**Fonte: SCIPIONI, 2011**

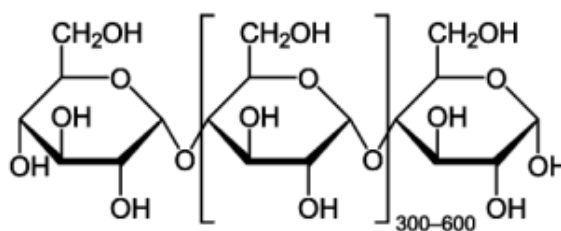
- **Amilose**

A amilose é formada por uma cadeia linear de unidades de  $\alpha$ -D-glicopiranoose, unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$  -1,4, podendo compreender de

350 a 1000 unidades de glicose em sua estrutura (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Sua estrutura é helicoidal,  $\alpha$ -hélice, formada por ligações de hidrogênio entre os radicais hidroxilas das moléculas de glicose. Acomoda átomos de iodo, gerando compostos de inclusão de cor azul intensa (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

**Figura 4 - Estrutura da amilose**



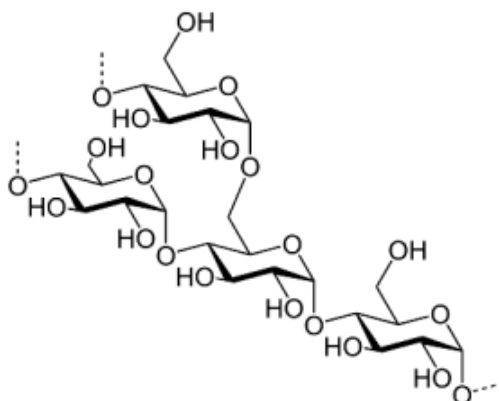
Fonte: SCIPIONI, 2011

- **Amilopectina**

A amilopectina possui estrutura ramificada, formada por cadeias lineares de 20 a 25 unidades de  $\alpha$ -D-glicoses unidas em  $\alpha$ -1,4. Essas cadeias estão unidas entre si, através de ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,6. A amilopectina é composta por 10 a 500 mil unidades de glicose e possui estrutura esférica (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Amidos com elevada porcentagem de amilopectina tem a capacidade de espessar a mistura, mas não de formar gel, pois as moléculas com amilose-amilopectina associam-se e fazem ligações químicas entre si. Quanto mais amilopectina, mais viscosa a pasta de amido e quanto maior a quantidade de amilose, mais forte o gel (SCIPIONI, 2011).

**Figura 5 - Estrutura da amilopectina**



Fonte: SCIPIONI, 2011

### 3.2.1.3 Estrutura do grânulo de amido e geleificação

A umidade do amido é de aproximadamente 12 a 14%. Em água fria, no máximo 30% da massa do amido, pode penetrar nas regiões amorfas do grânulo, sem perturbar as zonas cristalinas. Ao se aquecer o amido na presença de água, suas moléculas começam a vibrar mais intensamente, quebrando as ligações de hidrogênio, fazendo com que a água penetre nas micelas. Quanto mais a temperatura aumenta, mais água pode penetrar nas micelas (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

O aquecimento contínuo na presença de grande quantidade de água resulta em perda total das zonas cristalinas, a birrefringência (dupla refração) desaparece e o amido se torna transparente. O ponto de gelatinização é a temperatura na qual a birrefringência desaparece. Como esse ponto não é bem definido, grânulos menores gelatinizam primeiro e os maiores depois (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Durante a gelatinização, o grão incha muito, a viscosidade da suspensão aumenta, forma-se uma pasta, até um valor máximo de viscosidade. Após o aquecimento, além da temperatura de gelatinização, quando a viscosidade é máxima, ocorre a degradação da estrutura do amido. Então, uma dispersão contendo 1% em massa de amido em água fria tem baixa viscosidade, mas com o aquecimento até a gelatinização desse amido, é produzida uma pasta viscosa (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

**Tabela 5 - Intervalos de gelificação de amidos**

<b>Amido</b>	<b>Intervalo de gelificação (°C)</b>
Mandioca	51 – 63
Milho	62 – 71
Arroz	61 – 77
Batata	56 – 62
Trigo	58 – 64

**Fonte: BOBBIO; BOBBIO, 1992.**

### 3.2.2 Resíduos da Produção de Cerveja

Ao longo do processo de fabricação de cerveja vários subprodutos são gerados e uma forma de favorecer a economia dessas indústrias cervejeiras é priorizar a redução dos mesmos. Porém, alguns resíduos característicos da produção como o bagaço de malte, o *trub* e a levedura residual cervejeira apresentam-se de difícil redução e por possuírem alto teor de umidade (entre 80% e 90%) são responsáveis pela perda de cerca de 20% da água utilizada no processo (MATHIAS et al., 2014).

Devido ao fato de esses resíduos cervejeiros serem ricos em compostos orgânicos e com alto potencial nutricional, devem ser tratados adequadamente antes do descarte no meio ambiente. Por este motivo há grande interesse em seu reaproveitamento.

O bagaço de malte é o principal resíduo sólido gerado na produção de cerveja, representando cerca de 85% do total de subprodutos gerados. Em sua composição estão presentes lipídeos, minerais, vitaminas, aminoácidos e compostos fenólicos, mas é rico em fibras e proteínas, possuindo 70% de sua massa seca de material fibroso e de 15 a 20% de material proteico. A cada 100 kg de grãos processados, são obtidos aproximadamente 130 kg de bagaço úmido com cerca de 85% de umidade, correspondendo por volta de 20 kg de bagaço para cada hectolitro de cerveja produzida (MATHIAS et al., 2014).

Além de sua composição química, as fibras do bagaço de malte são caracterizadas quanto às suas propriedades funcionais de forma a estabelecer a indústria de destino. Mesmo com várias aplicações, como na produção de



biogás e carvão mineral, na maioria das vezes são enviadas para produção de ração animal (MATHIAS et al., 2014).

O *trub* quente é o segundo resíduo sólido oriundo do processo cervejeiro, apresentando de 50 a 70% de sua massa seca composta por proteínas e 10 a 20% de lúpulo amargo, além de polifenóis, carboidratos, ácidos graxos e minerais. Para cada hectolitro de cerveja produzida, forma-se 0,2 a 0,4 kg de *trub* úmido com teor de umidade de aproximadamente 90%. Por possuir excelentes características nutricionais tem a mesma aplicação que o bagaço de malte, sendo usado na produção de ração para animais (MATHIAS et al., 2014).

### 3.3 ADITIVOS PARA PRODUÇÃO DE EMBALAGEM

São substâncias misturadas aos polímeros em pequenas quantidades, com as finalidades de alterar a propriedade do material e de conferir estabilidade durante o processamento. Devem ser eficientes em sua função, estáveis nas condições de processamento, possuir fácil dispersão, serem atóxicas e ter baixo custo (CARR, 2007).

#### 3.3.1 Pectina

É o polissacarídeo, que junto com a celulose e a hemicelulose, forma o material estrutural das paredes celulares dos vegetais. Com o envelhecimento do vegetal, a pectina é enzimaticamente degradada com perda de rigidez do material estrutural, sendo compensada pela formação da lignina que torna o tecido vegetal duro. A pectina pode ser extraída por ácidos diluídos, sendo formada por cadeias lineares de ácido D-galacturônico unidas em  $\alpha$ -1,4 (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

A pectina caracteriza preparações de galacturonoglicanas hidrossolúveis, com graus variáveis de éster metílico e de neutralização capazes de formar gel. Alguns dos grupos carboxila da pectina estão metilados, outros na forma livre ou na forma de sais de sódio, potássio ou

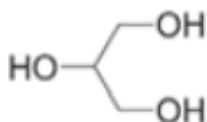
amônio, mais frequentemente na forma de sal de sódio (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

A pectina de alto teor de grupos metoxílicos (ATM) contém acima de 50% de seus grupos carboxílicos esterificados e a de baixo teor (BTM), é quando somente 50% ou menos, estão esterificados. Pectina com teor de grupos metoxílicos superior a 70% é chamada pectina rápida por gelificar a temperatura mais alta do que a pectina de mais baixo teor de grupos metoxílicos. A rigidez do gel, por sua vez, está relacionada com a massa molar da pectina, de forma diretamente proporcional (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

### 3.3.2 Glicerol

O glicerol é produzido via química ou fermentativa. Apresenta uma infinidade de aplicações, sendo utilizado na indústria cosmética, farmacêutica, alimentícia e química (GUIMARÃES, 2010). É um tri-álcool com três carbonos, tendo como nome sistemático (IUPAC) 1,2,3-propanotriol, sendo um líquido incolor, com gosto adocicado, sem cheiro e muito viscoso, derivado de fontes naturais ou petroquímica. Comercialmente, é chamado de glicerina (BEATRIZ, 2011).

**Figura 6 - Estrutura do glicerol**



**Fonte: BEATRIZ, 2011.**

Segundo CALLAM (2001, apud BEATRIZ, 2011), a presença de três grupos hidroxila na estrutura do glicerol é responsável por sua solubilidade em água e sua natureza higroscópica. É uma molécula altamente flexível formando ligações de hidrogênio intermoleculares.

### 3.3.3 Emulsificantes e Estabilizantes

A legislação brasileira pela Portaria Nº 540 – SVS/MS, de 27 de outubro de 1997 (BRASIL, 1997) define emulsionantes/emulsificantes como substâncias que tornam possível a formação ou manutenção de uma mistura

uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento (BRASIL, 1997). Emulsionantes são ingredientes que contribuem para o aumento da estabilidade das emulsões, podendo ser emulsionantes ou agentes espessantes, apresentando em sua estrutura uma parte hidrofílica e outra lipofílica (PAVANELLI, 1998).

A adição de emulsificante a uma matéria-prima faz com que a área de secagem seja aumentada, pois ocorre a movimentação da umidade pelo processo de capilaridade originado pela separação da camada líquida pela espuma (APENBURG, 1971).

O emulsificante comercial Emustab® é composto por: monoglicerídeos de ácidos graxos destilados (tensoativo/agente de aeração, estabilizador de cristalização), monoestearato de sorbitana (estabilizante), polioxietileno de monoestearato de sorbitana (tensoativo) e sorbato de potássio (conservante) (ROYALPAN, 2016).

Os estabilizantes geralmente são carboidratos com cadeias grandes que facilitam a junção de elementos menores formando um alimento mais estável, compostos por misturas ou substâncias que aumentam a viscosidade dos componentes, facilitando a sua dissolução e evitando que venham a separar-se com o tempo (SOUTO et al., 2012).

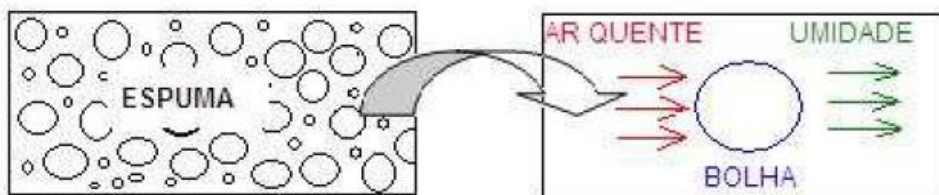
O estabilizante comercial mais conhecido é a Liga Neutra® – utilizada em sorvetes – que é apresentada em pó e composta por açúcar e outras substâncias bem empregadas nas indústrias, como a goma guar e carboximetil celulose (PEREIRA, 2008).

### 3.4 MÉTODO DE SECAGEM POR FORMAÇÃO DE ESPUMA (FOAM-MAT)

Esta técnica é aplicada à secagem de alimentos líquidos ou semilíquidos, transformados em uma espuma estável devido a incorporação de ar em sua estrutura e adição de agente emulsificante/estabilizante (SANKAT; CASTAIGNE, 2004).

A Figura 7 apresenta um modelo esquemático do mecanismo de secagem pelo processo *foam-mat*. Ocorre a formação de espuma em um primeiro momento, sendo caracterizada por sua grande superfície e pode ser estendida em camada delgada. Quando exposta a corrente de ar quente, seca facilmente, devido ao movimento da umidade pelas forças capilares, através da película líquida que separa as bolhas da espuma (DANTAS, 2010).

**Figura 7 - Modelo esquemático da secagem por *foam-mat***



Fonte: DANTAS, 2010.

Este processo possui a vantagem de apresentar baixo custo de operação e exigir menor tempo de secagem devido à elevada área de contato exposta ao ar aquecido, facilitando a retirada da umidade (MACHADO, 2015).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

Matéria-prima: Glicerol P.A.(Synth); Emustab (Duas Rodas); Liga Neutra (Duas Rodas); Pectina de alta metoxilação (CPKelco). O resíduo do processamento de cerveja será obtido a partir da produção de cerveja de gengibre, no laboratório de Vegetais da UTFPR- Câmpus Ponta Grossa e também de microcervejarias da região. O resíduo de batata foi gentilmente cedido por uma empresa de minimamente processados, da cidade de Castro-PR.

Equipamentos: Liquidificador; Batedeira; Centrífuga; Moinho de facas; Estufa de secagem com circulação de ar; Balança analítica; Mufla.

### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 Preparação do Resíduo da Cerveja

Os resíduos da cerveja (*trub* e bagaço de cevada) foram colocados em estufa de circulação de ar, a uma temperatura de aproximadamente 70°C até massa constante.

Em seguida, triturou em moinho de facas, com a finalidade de obter-se um pó bastante fino. Adicionalmente foi triturada em graal uma porção de resíduo de cevada para manter a característica de fibra.

#### 4.2.2 Preparação do Resíduo da Batata

O resíduo de batata fresco foi batido em liquidificador até textura homogênea.

### 4.2.3 Caracterização dos Resíduos

#### 4.2.3.1 Umidade

Determina-se o teor de umidade através de secagem direta a 105 °C onde os cadinhos vazios são mantidos em estufa por 1 hora. Posteriormente, retirados e colocados em dessecador também por 1 hora, pesaram-se os cadinhos vazios anotando os pesos e adicionou 5g de cada amostra, sempre em triplicata. As amostras foram mantidas em estufa por 24 horas, retiradas e mantidas em dessecador por 1 hora. O cálculo da composição centesimal de cada amostra em massa seca é feito por:

$$Umidade (\%) = \frac{100 \times N}{P}$$

N = Número de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = Número de gramas de amostra

#### 4.2.3.2 Cinzas

Os cadinhos foram previamente aquecidos a 150° C por 1 hora e depois mantidos em dessecador, também por 1 hora. Pesaram-se os cadinhos vazios anotando os pesos e adicionou 5g de cada amostra, em triplicata. As amostras foram carbonizadas em chapa aquecedora até atingir coloração cinza-escura antes de serem levadas à Mufla a 550° C, onde foram mantidas por 5 horas. Após isso, colocaram-se as amostras em dessecador por 1 hora e pesaram-nas.

$$Cinzas (\%) = \frac{100 \times N}{P}$$

N = Número de g de cinzas

P = Número de g da amostra

#### 4.2.4 Desenvolvimento da Embalagem

##### 4.2.4.1 Método *foam-mat*

O resíduo de batata triturado em liquidificador foi levado à batedeira para formação de espuma, que juntamente com a adição de 13 g emulsificante (Emustab®) e 2 g de estabilizante (Liga Neutra) caracterizaram o método *foam-mat*.

##### 4.2.4.2 Avaliação da moldagem de misturas com diferentes proporções de resíduo do processamento do bagaço de cevada e trub.

O bagaço da cevada e o trub foram adicionados de acordo com a Tabela 6, também em agitação na batedeira.

Esse procedimento foi feito para todas as diferentes formulações, sempre adicionando os resíduos da cerveja no resíduo da batata já batido em batedeira.

##### 4.2.4.3 Adição dos aditivos

Pectina e o glicerol foram adicionados cada qual com sua composição correspondente, como descrito na tabela 6.

Estas moldagens foram espalhadas sobre potes plásticos, com uma camada de 0,4 mm e após isso, evadas em estufa de circulação de ar a uma temperatura de aproximadamente 70° até secagem completa, a fim de deixá-la exposta em corrente de ar quente, que devido ao movimento da umidade pelas forças capilares, através da película líquida que separa as bolhas da espuma, esta tende a secar mais rapidamente. (DANTAS, 2010)

Tabela 6 - Formulações da Embalagem

Formulação	Resíduo Batata(g)	Trub(g)	Bagaço Malte(g)	Bagaço Malte triturado(g)	Emustab®(g)	Liga Neutra®(g)	Glicerol(mL)	Pectina(g)
F1	600	50	50	20	13	2	0	0
F2	600	50	50	20	13	2	15	0
F3	600	50	50	20	13	2	0	5
F4	600	50	50	20	13	2	15	5
F6	600	100	100	40	13	2	0	0
F7	600	100	100	40	13	2	15	0
F8	600	100	100	40	13	2	0	5
F9	600	100	100	40	13	2	15	5
F10	600	100	100	40	13	2	30	0
F11	600	100	100	40	13	2	0	10
F12	600	100	100	40	13	2	30	10
F13	600	100	100	40	13	2	45	15

Fonte: Autoria Própria, 2017.

#### 4.2.5 Análise de Propriedades Físicas

##### 4.2.5.1 Densidade

A análise de densidade consiste na medida direta do peso da embalagem, dividida pelo seu volume, obtendo o resultado em g/cm<sup>3</sup>.

##### 4.2.5.2 Avaliação da estabilidade da espuma

A avaliação da redução do volume da espuma será realizada segundo Rajkumar et al. (2007), onde 100 mL de espuma devem ser adicionados em uma proveta graduada de 100 mL, mantido em temperatura ambiente (25°C) durante 3 horas. A redução do volume é uma indicação da estabilidade da espuma, sendo que as medições devem ser realizadas a cada 30 minutos.

$$EE = V_0 \frac{\Delta t}{\Delta V}$$

Onde  $\Delta V$  representa a variação de volume de espuma durante o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) e  $V_0$  é o volume de espuma inicial.



#### 4.2.5.3 Biodegradabilidade

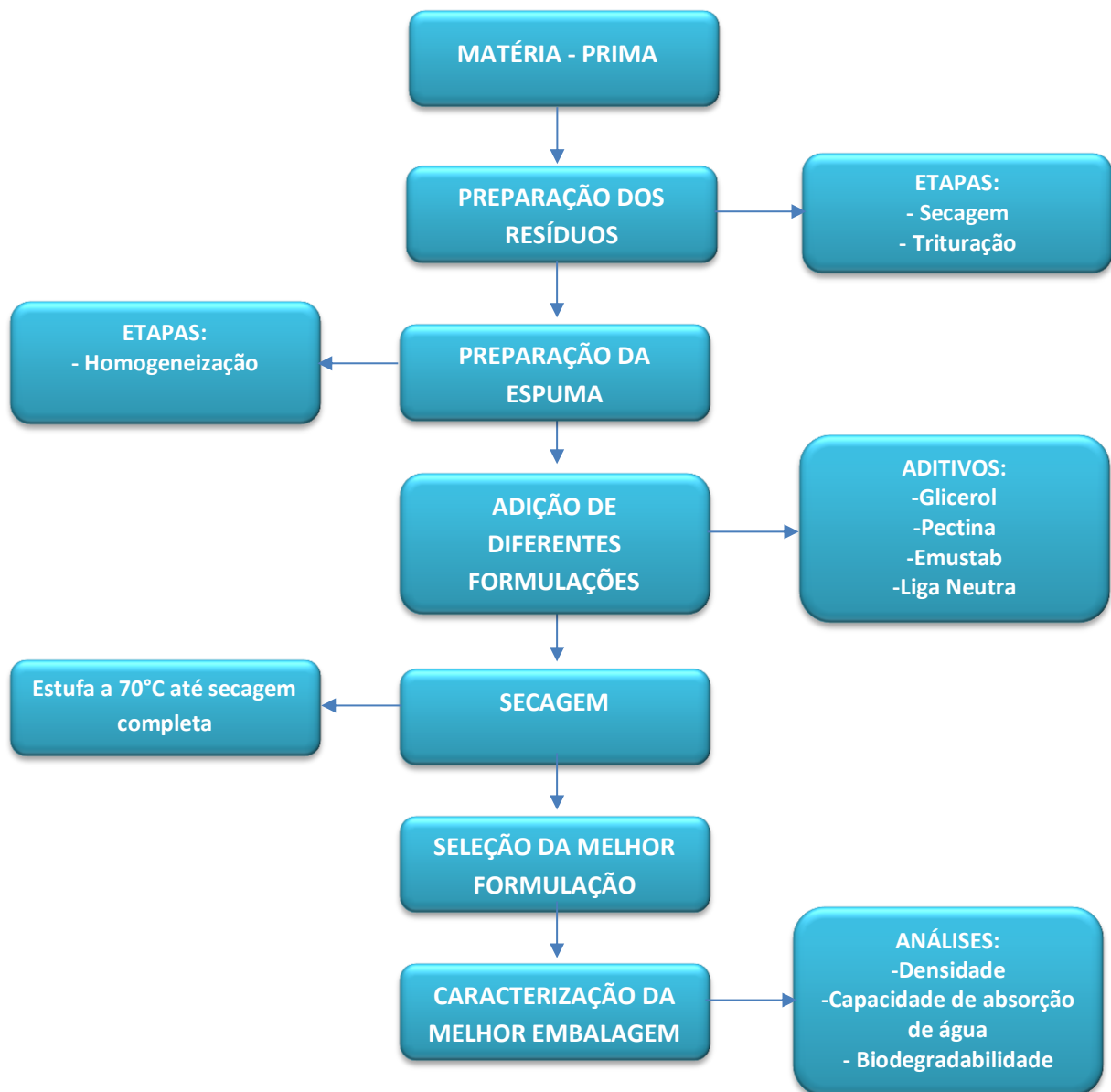
Amostras de embalagem (10 cm x 6,5 cm) foram enterradas a uma profundidade de 3 cm da superfície, em vaso contendo terra preta. A cada dois dias as amostras foram cuidadosamente retiradas e pesadas para a determinação de perda de massa por tempo, sendo decorrente da ação de microrganismos. Após pesagem, as amostras foram novamente enterradas para dar prosseguimento ao teste.

#### 4.2.5.4 Capacidade de absorção de água

As embalagens foram pesadas em triplicata e após isso 300 mL de água foram adicionadas a elas por 30 segundos à temperatura ambiente. Retirou o excesso de água com um pano seco e pesou novamente as embalagens. A capacidade de absorção de água pode ser calculada por:

$$\text{Quantidade de água (\%)} = \frac{\text{massa úmida} - \text{massa seca}}{\text{massa seca}} \cdot 100$$

Fluxograma 1 - Processo de produção da embalagem biodegradável



Fonte: Autoria Própria, 2017.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

#### 5.1.1 Umidade

O teor de umidade encontrado na Tabela 7 para o resíduo de batata está coerente, segundo Smith (1977), a porcentagem média é de 77,5% podendo variar de 63,2% a 86,9%. Os valores encontrados para o bagaço de malte e o trub, estão abaixo do valor listado pela literatura. Segundo Olajire (2012) e Aliyu e Bala (2011), o bagaço de malte pode apresentar valores de umidade entre 75% a 85%. Para o trub, Olajire (2012) e Briggs et. al. (2004) afirmam que o percentual de umidade pode variar de 80% a 90%.

**Tabela 7 - Teor de umidade dos resíduos**

	Trub	Bagaço de Malte	Resíduo de Batata
Umidade (%)	40,95 ± 1,97	53,39 ± 1,19	72,55 ± 0,98

Fonte: Autoria Própria, 2017.

#### 5.1.2 Cinzas

Segundo Olajire (2012) e Aliyu e Bala (2011), o teor de cinzas para o bagaço de malte pode variar entre 2,3% a 7,9%. Para o trub, Olajire (2012) e Briggs et. al. (2004) afirmam que o percentual de cinzas pode variar entre 3% a 5%. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2017) apresenta valor médio 0,6% de cinzas para a batata. Portanto, de acordo com a Tabela 8 os três resíduos analisados estão coerentes com a literatura.

**Tabela 8 - Teor de cinza dos resíduos**

	Trub	Bagaço de Malte	Resíduo de Batata
Cinzas (%)	1,97 ± 1,43	3,75 ± 0,98	0,43 ± 0,15

Fonte: Autoria Própria, 2017.

## 5.2 DESENVOLVIMENTO DA EMBALAGEM

### 5.2.1 Avaliação da moldagem de misturas com diferentes proporções de resíduo do processamento do bagaço de cevada e trub.

Em virtude das características hidrofílicas do amido da batata fez-se necessário a adição de componentes que tendem a inibir a retenção de água. Foram adicionados: trub triturado, bagaço de malte seco e bagaço de malte seco triturado, de acordo com a Tabela 6.

### 5.2.2 Adição dos aditivos

Para obter uma embalagem firme, porém com certa maleabilidade, fez-se necessário também a adição de glicerol e pectina. A partir da Tabela 6 chegou-se a uma moldagem adequada. Portanto, a formulação escolhida foi a F12.

A Figura 8 mostra a embalagem após secagem, apresentando como dimensões:

Volume: 470 mL

Peso: 73 g

Altura: 4 cm

Comprimento da superfície: 11 cm

Comprimento da base: 10 cm

Espessura: 0,5 mm

**Figura 8 - Embalagem após secagem completa**

Fonte: Autorial Própria

As formulações F1 e F5, por não conterem glicerol e pectina, despedaçaram. As formulações F2, F3 e F4, apresentaram quantidades insuficientes de trub e bagaço de cevada, portanto, se esfacelaram. Ao aumentar as quantidades de trub e bagaço, juntamente com a adição de glicerol (F7 e F10) a embalagem apresentou aspecto mole. Com a adição de pectina (F8) a embalagem ficou mais firme, porém apresentando rachaduras, evidenciando que era necessário aumentar as quantidades de aditivos. Com a F12 obteve-se a formulação esperada. Havia quantidades suficientes de bagaço de cevada e trub e as quantidades de glicerol e pectina adicionados, equilibravam-se. A formulação F13 demonstrou que havia excesso de glicerol e pectina, apresentando aspecto amolecido novamente.

Para evitar a retenção de água pela embalagem, foi passado pectina sobre a mesma (5g em 100 mL de água destilada).

### 5.2.3 Comparação de Propriedades Físicas

#### 5.2.3.1 Densidade

A medida direta do peso da embalagem dividida pelo seu volume, resulta na densidade, que para esta embalagem foi de 154,82 g/cm<sup>3</sup>.

A densidade é importante para uma embalagem, pois ela demonstra um resultado indireto para a quantidade de água presente. Um valor alto de densidade demonstra que existem poucos e pequenos vazios na estrutura da espuma, o que confere uma embalagem mais resistente.

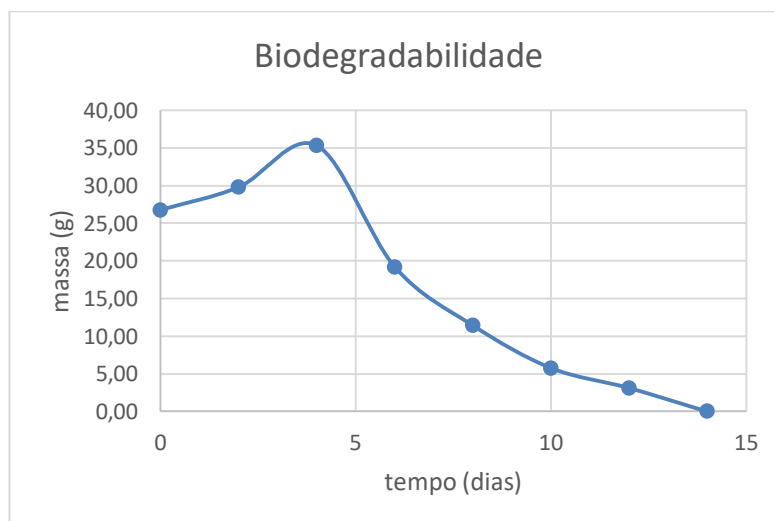
### 5.2.3.2 Avaliação da estabilidade da espuma

Ao medir a estabilidade da espuma obtivemos  $V_0 = 100 \text{ mL}$ ,  $\Delta t = 3 \text{ h}$ . Como não houve variação de volume ao longo das 3 horas, resultou em  $\Delta V = 0$ . Portanto o valor de estabilidade de espuma é alto (300), evidenciando uma espuma muito estável.

### 5.2.3.3 Biodegradabilidade

As amostras foram desenterradas a cada dois dias e pesadas, com a finalidade de avaliar a perda de massa por tempo. Após 14 dias enterradas, elas se degradaram quase que totalmente, como mostrado no gráfico 1.

**Gráfico 1 – Perda de massa da embalagem ao longo do tempo**



**Fonte: Autoria Própria**

A amostra apresentou um aumento de massa até o quarto dia, resultante da absorção de água pela embalagem. Após esse período, houve um declínio, indicando que a mesma estava perdendo massa devido à ação dos microrganismos decompositores. Após 14 dias embalagem já havia se decomposto.

#### 5.2.3.4 Capacidade de absorção de água

A próxima análise foi realizada com o intuito de verificar a ação da pectina envolvendo a embalagem já finalizada. Portanto, foram feitos testes em embalagem sem pectina passada por fora, embalagem com pectina somente passada na superfície da embalagem e embalagem com pectina na superfície e no fundo.

As embalagens foram pesadas em triplicata e adicionadas a 300 mL de água durante 30 segundos. Após secagem, foram pesadas novamente e os resultados da capacidade de absorção de água pode ser observado na Tabela 9.

**Tabela 9 - Capacidade de absorção de água em diferentes testes**

	Sem pectina	Com pectina na superfície (g)	Com pectina na superfície e fundo (g)
<b>Quantidade de água (%)</b>	Inconclusivo	54,10 ± 1,32	20,91 ± 0,98

Fonte: Autoria Própria, 2017.

O resultado para as embalagens sem pectina foi inconclusivo, visto que ao término do tempo, não foi possível retirar a embalagem, pois a mesma se despedaçou. As embalagens que continham pectina somente na superfície, obtiveram uma porcentagem alta de quantidade de água. Já as embalagens que continham pectina na superfície e no fundo, resultaram em menor quantidade de água, mostrando que são mais resistentes e que a pectina realmente influencia na retenção de água.

## 6 CONCLUSÃO

A opção de uma embalagem biodegradável utilizando resíduos agroindustriais mostrou-se uma alternativa viável para amenizar o problema da quantidade de resíduos urbanos que são descartados atualmente. Além de substituir a utilização do poliestireno expandido em alguns casos, acaba também por solucionar o descarte incorreto dos resíduos oriundos da indústria de batata e cerveja, uma vez que, utiliza-se dos mesmos.

Após realização de várias análises e testes, foi possível determinar a melhor formulação para o desenvolvimento da embalagem biodegradável usando quantidades suficientes de bagaço de malte, trub e aditivos, obtendo assim, resultados significativos na avaliação da estabilidade da espuma, da capacidade de retenção de água e do tempo de biodegradabilidade.

A metodologia aplicada aqui, usando como inovação o método *foam-mat* mostrou-se realmente de baixo custo e fácil operação, permitindo a utilização de matérias-primas sustentáveis, que não agredem ao meio ambiente e que degradam rapidamente.



## 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.

ANDERSON, F. F. **Utilização da farinha de casca de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) na elaboração de pão integral.** Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação da Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2006.

APENBURG, O. R. O. **Desidratação do côco pelo processo foam-mat.** 41f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. 1971.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos – teoria e prática.** Edição 5. Minas Gerais. Editora UFV. 2012.

**Associação Brasileira da Batata – A batata como alimento.** Disponível em: <[http://www.abbabatatabrasileira.com.br/alim\\_valornutricional.htm](http://www.abbabatatabrasileira.com.br/alim_valornutricional.htm)> Acesso em: 20/05/2016.

**Associação Brasileira de Embalagens.** Disponível em: <<http://www.abre.org.br/setor/apresentacao-do-setor/a-embalagem/>>. Acesso em: 26 mai. 2016.

**Associação Brasileira de Empresas de Limpeza.** Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_edicoes.cfm/](http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm/)>. Acesso em: 28 mar. 2017.

BEATRIZ, A. et al. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses esterreoosseletivas. **Revista Química Nova.** Campo Grande. v. 34, n. 2, p. 306-319, dez. 2011.

BOBBIO, P. A. & BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos.** 3ª edição. Editora Livraria Valela LTDA. São Paulo. 1992.

CARR, L. G. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável tipo espuma a partir de fécula de mandioca.** 107f. Dissertação (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2007.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. **Brewing Science and Practice**. Flórida: CRC Press LLC and Woodhead Publishing Limited, 2004. 863p.

BRASIL. Ministério da saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540 de 1997. Aprovar os regulamentos técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para refresco, refrigerante, preparado ou concentrado líquido para refresco ou refrigerante, preparado sólido para refresco, xarope e chá pronto para o consumo. **Diário oficial da república federativa do Brasil**. 17 de novembro de 1998, seção 1. p. 90.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. 100f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2ª edição. Editora Artmed. Porto Alegre. 2006.

FERNANDES, Anderson et al. Efeito da substituição da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum L.*). **Revista ciência e tecnologia de alimentos**. Campinas. p. 56-65, dez. 2008.

FILHO, W. P. C & ALVES, H. S. Mercado de batata no Brasil: análise de produção, importação e preços. **Revista de Informações Econômicas**. São Paulo. v. 35, n. 5, p. 71-76, maio 2005.

GUIMARÃES, J.L. **Preparação e caracterização de compósitos de amido plastificado com glicerol e reforçados com fibras naturais vegetais**. 190f. Dissertação (Doutorado) – Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

IBGE. **Dados de previsão de safra – área plantada**. Abril 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=2&z>> Acesso em: 27/05/2016.

IBGE. **Dados de previsão de safra – produção**. Abril 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/>> Acesso em: 27 mai. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** São Paulo: 1 ed. digital, 2008.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília, set. 2011.

JORGE, N. **Embalagens para Alimentos.** Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-reitoria de Graduação, 2013.

LEONEL, M. & CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, p. 65-69, jan-abr. 2012.

LOPES, C. J. & BUSO, J. A. **A cultura da batata.** Editora Embrapa Informação Tecnológica. Coleção plantar, 42. Brasília. 1999.

MACHADO, A.; et al. **Estudo da secagem das polpas de caju, goiaba, graviola e manga, pelo processo foam-mat, com e sem adição de leite.** CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 2015, Campinas. **Anais.** Campinas: Unicamp – SP, 2015

MARIANO, M. J. . **Considerações sobre a história da embalagem de alimentos: a evolução de uma poderosa ferramenta de marketing.** In: 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2004, São Paulo.

MATHIAS, T. R. S. et al. **Caracterização de Resíduos Cervejeiros.** XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2014. Florianópolis **Anais.** UFRJ – Rio de Janeiro, 2014.

**Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/impacto-das-embalagens-no-meio-ambiente>>. Acesso em: 26 mai. 2016.

NAIME, N.; et al. **Espumas de fécula de mandioca com fibras naturais.** 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DOS MATERIAIS. **Anais.** Joinville, SC, 2012.

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

PAVANELLI, A.P. **Aditivos para panificação: confeitos e funcionalidade**. São Paulo. 1998.

PEREIRA, D. A. **Extração Aquosa de Própolis e Secagem em Leito de Espuma para Uso em Alimentos**. 88f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetininga-BA. 2008.

RABELLO, M. **Aditivção de polímeros**. Editora Artliber. São Paulo. 2000.

REGULY, J. C. **Biotechnologia dos processos fermentativos: matérias-primas agrícolas, processos e produtos**. Editora UFPel. Pelotas. 1998.

RIBEIRO, E. P. & SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2ª edição. Editora Blucher. São Paulo. 2007.

ROYALPAN. **Emulsificante Duas Rodas 3 kg**. Disponível em: <[http://www.royalpan.com.br/index.php/component/virtuemart/?page=shop.product\\_details&flypage=flypage\\_new.tpl&product\\_id=177&category\\_id=4](http://www.royalpan.com.br/index.php/component/virtuemart/?page=shop.product_details&flypage=flypage_new.tpl&product_id=177&category_id=4)> Acesso em: 08 jun. 2016

SABLANI, S. S. & MUJUMDAR, A.S. **Drying of potato, sweet potato, and other roots**. Handbook of Industrial Drying. 3ª edição. Taylor & Francis. New York. 2006.

SANKAT, C. K. & CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**. London, v.37, n.1, p.217-525, 2004.

SCIPIONI, G. C. **Otimização do processo de sacarificação do amido de batata (*Solanum Tuberosum L.*) utilizando enzimas amilolíticas**. 95f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2011.

SMITH, O. **Potatoes. Production, storing, processing**. Westport, Connecticut. The Avi, 1977. P 77-121

SOUTO, L. I. A.; et al. **Estabilizantes Alimentares: efeitos desejáveis nos alimentos**. SIMPÓSIO PARAIBANO DE SAÚDE: TECNOLOGIA, SAÚDE E MEIO AMBIENTE À SERVIÇO DA VIDA. 2012, João Pessoa, PB. **Anais**. Campina Grande: Instituto Bioeducação, 2012.

STOFFEL, F. **Desenvolvimento de espumas a base de amido de mandioca**. 101f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias da Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul. 2015.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4.ed. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017. Disponível em: <http://www.cfn.org.br/index.php/tabela-brasileira-de-composicao-de-alimentos-4a-edicao/>> Acesso em: 15 jun. 2017

WANKENNE, Michel et al. Amido – fontes, tipos e propriedades. **Revista Aditivos Ingredientes**. São Paulo. n. 98, p. 34-43, mai. 2013.