

# **PRODUÇÃO DE BIOFILME PROVENIENTE DO AMIDO DA CASCA DA BATATA (*Solanum tuberosum*).**

**Aline Repula dos Santos, Gabriel Grondek Pedroso, João Vitor Kochella dos Santos,  
Larissa dos Santos, Pamela Aline Gorges, Ronaldo Galdino Nasário Junior,  
Sabrina Dolci Marques\***

Acadêmicos do Curso Técnico em Química (Modalidade Integrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul Centro.

\*E-mail: [sabrinamarques16@hotmail.com](mailto:sabrinamarques16@hotmail.com)

## **Elder Correa Leopoldino**

Docente das Unidades Curriculares de Química Orgânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul Centro.

## **Luciana Valgas de Souza**

Docente das Unidades Curriculares de Físico-Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul Centro.

**Resumo:** *Atualmente, cerca de um quinto de todo o lixo produzido pelos brasileiros é constituído por polímeros, como as embalagens plásticas. Diariamente são destinadas aos depósitos de lixo 25 mil toneladas de embalagens, causando seu esgotamento, e apenas 17,2% são destinados a reciclagem, essas embalagens ocasionam diversos problemas ambientais e sociais. Por esse motivo, faz-se necessário estudos acerca de saídas mais sustentáveis no que diz respeito ao descarte e ao processo de degradação de materiais poliméricos, que diminuam os impactos que estes ocasionam ao meio ambiente e conseqüentemente ao ser humano. Uma opção sustentável é a produção de biopolímeros oriundos de fontes naturais, a batata possui grande potencial de expansão nessa área, devido a seu elevado consumo, baixo custo, e por ser uma fonte natural o que possibilita uma degradação do material em menor espaço de tempo, se comparado aos polímeros convencionais. Portanto, o presente estudo constitui-se na produção de biopolímero a partir do amido extraído da casca da batata, através de processos como trituração, extração, filtração, decantação e secagem. Os biofilmes foram produzidos com amido e diferentes plastificantes, apresentaram boas características físicas como, maleabilidade, resistência ao*

*toque e translucidez, algumas características semelhantes aos já industrializados. Através da espectrofotometria na região do infravermelho foi comprovada a presença de amido nos extratos e nos biofilmes. Após submetidos a análises de biodegradabilidade, praticamente todas as amostras se mostraram totalmente ou parcialmente degradadas, com exceção da amostra controle que não sofreu variações.*

**Palavras-chave:** *casca de batata, biofilmes, biopolímeros, biodegradação.*

**Abstract:** *Currently, about a fifth of all the waste produced by Brazilians consists of polymers, such as plastic packaging. 25 thousand tons of packaging are destined to the garbage dumps every day, causing them to be depleted, and only 17.2% are destined for recycling, these packages cause various environmental and social problems. For this reason, it is necessary to study more sustainable exits in terms of the disposal and degradation process of polymeric materials, which reduce the impacts they cause to the environment and consequently to the human being. A sustainable option is the production of biopolymers from natural sources, the potato has great potential for expansion in this area, due to its high consumption, low cost, and because it is a natural source which allows a degradation of the material in less time, when compared to conventional polymers. Therefore, the present study is the production of biopolymer from the starch extracted from the potato peel through processes such as grinding, extraction, filtration, decantation and drying. The biofilms were produced with starch and different plasticizers, presented good physical characteristics as, malleability, touch resistance and translucency, some characteristics similar to those already industrialized. Through the spectrophotometry in the infrared region the presence of starch in the extracts and biofilms was confirmed. After submitted to biodegradability analyzes, almost all the samples were totally or partially degraded, except for the control sample that did not change.*

**Keywords:** *potato peel, biofilms, biopolymers, biodegradation.*

## **1. Introdução**

Os experimentos realizados no decorrer de seis meses se resumiram na criação de biofilmes sintetizados com diferentes concentrações e plastificantes, sendo que os métodos foram sendo refinados através da tentativa e erro até se chegar ao que gerasse o melhor biopolímero, assim resultando na criação de pequenas porções de filmes plásticos, com

transparência considerável em detrimento do uso de corantes alimentícios ou não na produção, boas características físicas como: maleabilidade e resistência ao toque.

Atualmente cerca de um quinto de todo o lixo produzido pelos brasileiros é constituído por embalagens plásticas. São 25 mil toneladas que são destinados, todos os dias, para os depósitos de lixo, uma vez que esses produtos possuem uma vida útil muito curta. Todo esse resíduo ocasiona problemas ambientais, como esgotamento de aterros, devido ao longo tempo de degradação destes plásticos, eles acabam sendo ingeridos por animais, entupindo a rede pública de esgotos, o que contribui para alagamentos, e quando descartados inapropriadamente contaminam os rios e a água da população. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, sd)

Devido a grande quantidade de lixo produzida anualmente, os plásticos são responsáveis por dois tipos de poluição, a contaminação do solo e a contaminação da água. Outro importante fator é a resistência a fungos e bactérias, sua completa degradação demora cerca de 100 mil anos quando em contato direto com o solo.

A preocupação em minimizar os danos causados a natureza, acarretou em medidas como a diminuição do consumo de embalagens e sacolas, a reciclagem e reutilização desses materiais, e mais recentemente vem sendo estudados meios de fabricação de plásticos menos resistentes à degradação, e que possam se decompor em cerca de seis meses. Pachekoski *apud* Machado (2011), relata que para que isso seja possível é necessário alterar a estrutura química do polímero, o que leva uma perda irreversível das propriedades de uso do material, já que a biodegradação é a degradação causada por atividade biológica de ocorrência natural por ação enzimática.

## 1.1 Polímeros

Segundo Middlecamp *et al.* (2016), polímeros são macromoléculas obtidas pela combinação de um número imenso (podendo chegar a milhares) de moléculas pequenas, os monômeros. Dependendo do tipo de monômero utilizado, no número médio de meros por cadeia e tipo de ligações covalentes, pode-se dividir, por exemplo, o polímero em três grandes classes: plástico, borracha e fibras. O processo pelo qual isso é feito é denominado polimerização, como ilustra a **Figura 1**.



**Figura 1.** Exemplos de monômeros e seus respectivos polímeros.

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Através da polimerização surgem variadas vertentes de polímeros, que são classificados de acordo com suas características. Entre os principais estão os polímeros naturais e os polímeros sintéticos.

Polímeros naturais são aqueles presentes nos organismos de animais e vegetais, como a celulose, amido, látex natural e a caseína, podendo ser classificados em termoplásticos ou termorrígidos.

Já os polímeros sintéticos são uma classe mais recente e de grande relevância sua produção é feita de forma artificial. Como exemplos temos o politetrafluoretileno comercialmente conhecido como teflon, polietileno, o *nylon* e a borracha sintética. Destes são denominados plásticos, materiais artificiais que em algum estágio de sua fabricação adquiriram forma com a ajuda de calor, pressão e moldagem. Estes tipos de polímeros também podem ser termoplásticos ou termorrígidos, de acordo com a sua moldabilidade.

Como uma nova opção para diminuir os danos provocados pelo excesso de lixo produzido, estão sendo desenvolvidos e aprimorados os polímeros biodegradáveis, polímeros verdes e biopolímeros.

Em conformidade com Brito et al. (2011), os polímeros biodegradáveis são aqueles que a sua degradação é proveniente da ação natural de microorganismos tais como bactérias, fungos e algas, e que podem ser consumidos em semanas ou em meses, conforme as condições de biodegradação.

Os polímeros verdes são aqueles que ao longo da sua síntese, processamento ou degradação produzem menor impacto ambiental em relação aos convencionais. Sua síntese normalmente ocorrer através de matéria-prima provinda de fontes fósseis. Exemplos de polímeros verdes são polietileno verde (PE verde) e o policloreto de vinila verde (PVC verde). (BRITO et. al. 2011)

Por fim, tem-se os biopolímeros, que segundo Pradella (2006), são classificados de acordo com a sua estrutura, esses são tidos como polissacarídeos, poliésteres e poliamidas. Para uma melhor manufatura do biopolímero, a principal matéria-prima é extraída de fontes

de carbono renovável. Em muitos casos a extração é feita de um carboidrato proveniente de plantações comerciais de grande escala. Exemplos desses carboidratos são cana-de-açúcar, milho, batata, trigo e beterraba. Além desses, também é possível a extração de óleo vegetal proveniente da soja, do girassol, assim como de outra planta que contenha óleo.

Apesar dos biopolímeros, por si só, apresentarem um avanço no quesito sustentabilidade, existem formas de aprimoramento para que possam servir também como uma maneira de reaproveitamento de resíduos, como a casca da batata, do arroz, da mandioca e a bainha foliar da palmeira real. No entanto, esses compostos biodegradáveis devem ser empregados na fabricação de produtos de curto tempo de vida útil, como o caso das embalagens citadas anteriormente, já que possuem alterações em sua composição e podem perder algumas propriedades, comprometendo a durabilidade do material. (MACHADO, 2011)

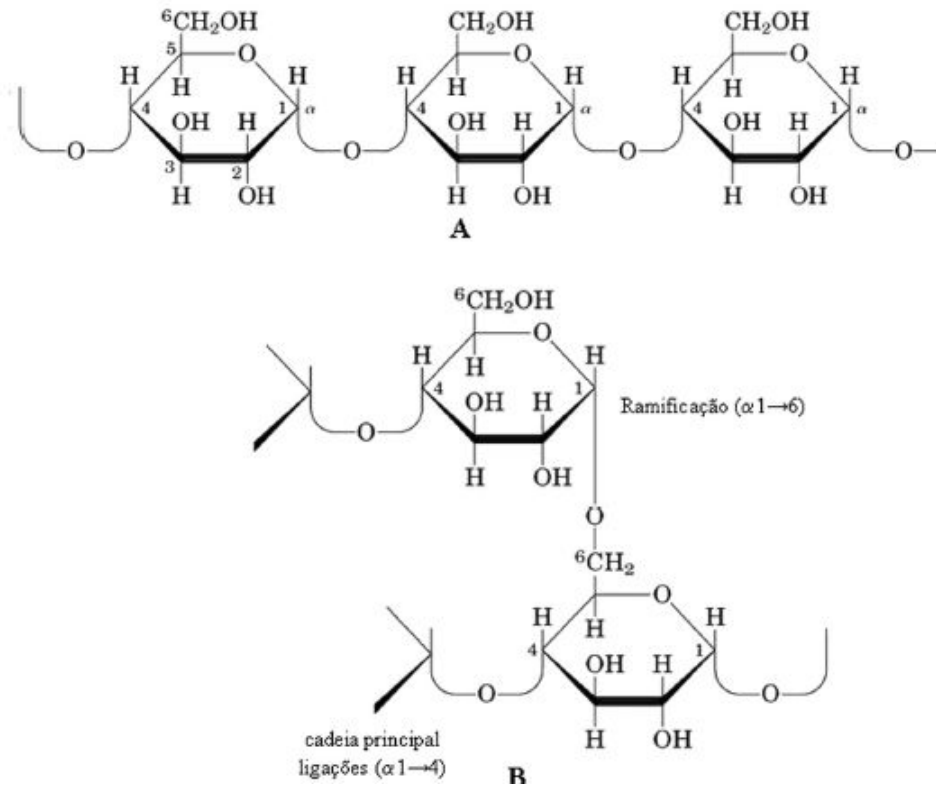
## **1.2 Batata comum (*Solanum tuberosum*)**

Para o estado de Santa Catarina a cultura da batata é de grande importância econômica e social. Conforme os dados da EPAGRI no ano de 2008, foram produzidos cerca de 81.711 toneladas de batata-inglesa. Tendo como principais áreas para a sua produção as regiões de Canoinhas e São Joaquim, localizadas no Planalto Catarinense. A batata também possui grande importância econômica nas regiões do Litoral Sul e Vale do Itajaí. Sendo a região Sul responsável por 53,3%, tendo a sua produção distribuída por seus três estados. (EPAGRI, 2008).

A batata é constituída por água, proteínas, lipídios, vitaminas e principalmente por carboidratos, entre estes predomina o amido, que para Robles *apud* Quadros *et al* (2009, p.321), representa em média 16% do peso *in natura* da batata, dependendo da cultivar. As fontes comerciais de amido mais importantes são os grãos de cereais, onde este é responsável por 40% a 90% do peso seco do grão, e as tuberosas, em que o amido representa de 65% a 85% da matéria seca. As cinco principais fontes comerciais de amido, em âmbito mundial, são milho, trigo, arroz, batata e mandioca. (DIAS, 2008).

O amido se apresenta na forma de grânulos constituídos por amilose e a amilopectina, estas possuem estruturas e funcionalidade diferentes. A amilose é um polímero linear composto por unidades de D-glicose ligadas por ligações  $\alpha$ -(1→4). A amilopectina é um polímero, com unidades de D-glicose ligadas através de ligações  $\alpha$ -(1→4) e ramificações em

$\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6), conforme a **Figura 2**. Representação da cadeia de amilose (A) e amilopectina (B). (ELLIS et al., 1998).



**Figura 2.** Representação da cadeia de amilose (A) e amilopectina (B).  
**Fonte:** JUNIOR, 2008

Existem dois processos que ocorrem com o amido quando este é submetido a altas temperaturas e posterior resfriamento, são eles respectivamente, a gelatinização e a retrogradação. As moléculas de amilose tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para que se formem ligações de hidrogênio entre hidroxilas de polímeros adjacentes. A gelatinização ocorre através do aquecimento do amido em meio aquoso, quando as moléculas de água possuem energia cinética suficiente para superar as ligações de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina, ocorre a hidratação e o grânulo se expande até atingir sua capacidade máxima de absorção, normalmente isso se dá por volta dos 58 °C. Nesse momento os grânulos se rompem e liberam amilose, seguida de amilopectina no meio, fazendo com que toda água livre seja absorvida formando uma pasta viscosa, esse procedimento é responsável pela alteração irreversível de algumas das propriedades do amido, o máximo de gelatinização ocorre em torno de 95 °C. (DIAS *apud* ZHOU et al., 2008).

Já a retrogradação se consiste basicamente na cristalização das moléculas de amido, o que ocorre devido à sua linearidade. Quando a amilose e a amilopectina são liberadas pelo rompimento do grânulo, estas se unem entre si e formam uma espécie de rede onde fica aprisionada uma grande quantidade de água. (DIAS *apud* ZHOU , 2008).

Variações nas proporções entre estes componentes e em suas estruturas e propriedades podem resultar em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais muito diferentes, que podem afetar as suas aplicações industriais. (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2009)

A viabilidade do amido como fonte natural se baseia nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis e na sua capacidade para formar filmes, conforme o processo de gelatinização descrito anteriormente. Unindo essa característica ao fato dele ser renovável e obtido a partir de diversas fontes a baixo custo, acredita-se que o amido apresenta um grande potencial no que diz respeito a produção de materiais mais sustentáveis. (OLIVEIRA, 2010).

De acordo com Ávila *apud* Neves *et. al.* (2012), no Brasil são descartados cerca de 300 mil toneladas de casca de batata como rejeito, embora a casca não apresente uma quantidade significativa de amido, ficam agregados a ela porções de polpa que são descartadas durante o processo de descascamento.

Tendo em vista a necessidade de reaproveitamento de rejeitos, bem como práticas de sustentabilidade, foi proposto o projeto *Produção de biopolímeros proveniente do amido da casca de batata (Solanum tuberosum)*. A etapa de realização do projeto buscou produzir biopolímeros através da extração do amido presente na casca da batata. Para isso foram pesquisados e adaptados uma série de métodos de síntese de bioplásticos até que o objetivo fosse alcançado.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1 Materiais**

As cascas de batata utilizadas foram disponibilizadas por um restaurante do município de Jaraguá do Sul - SC. Para a realização dos procedimentos experimentais foram utilizados: água destilada, NaOH (Dinâmica, micro pérolas), HCl (Química Moderna, 37%), fenolftaleína. O D-sorbitol (Dinâmica, 70%), glicerina (Êxodo Científica, PA) e tetraborato de sódio (Dinâmica, PA) foram utilizados como plastificantes na produção dos biofilmes.

## **2.2 Equipamentos**

Além disso, foram empregados equipamentos como a chapa de aquecimento com agitador magnético (SL-92, Solab), estufa (Brasdonto), dessecador, triturador (Walita), espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier e reflectância total atenuada (Perkin Elmer Spectrum Two).

## **2.3 Métodos**

### **2.3.1 Extração do amido**

O processo de obtenção do amido seguiu as etapas de trituração, filtração, decantação e secagem. Foram adicionados ao triturador 3 kg de cascas de batata com um volume de água destilada suficiente para cobrir todo o material, após o processo de trituração a mistura resultante foi filtrada com peneiras de diferentes *mesh*, com intuito de separar o que restou das cascas e a parte líquida extraída. O filtrado foi mantido em repouso para que ocorresse o processo de decantação e o amido se depositasse no fundo do recipiente, sendo que o sólido, constituído pelas sobras de cascas, foi retirado e descartado. As filtrações foram realizadas repetidas vezes com objetivo de eliminar impurezas a nível macroscópico e manter o amido o mais limpo possível. Após a decantação do material, o precipitado contendo o amido foi exposto ao sol para a total evaporação da água e obtenção do amido seco.

### **2.3.2 Produção do biofilme a partir do amido**

Os biofilmes foram produzidos com base na metodologia de Candido (2015), sofrendo algumas adaptações para a sua execução.

Em um béquer foi preparada uma suspensão contendo 1,5 g de amido em 25 mL de água destilada, com a adição posterior de 0,8 g de D-sorbitol ou glicerina ou tetraborato de sódio, como plastificante. Logo depois, a suspensão foi submetida a aquecimento (90 °C) e agitação magnética constante em uma chapa de aquecimento, até que a substância adquirisse consistência viscosa.

Para a secagem foi utilizado o método *Casting*, em que transferiu-se a suspensão contendo o amido e o plastificante para uma placa de Petri, preenchendo-a completamente e uniformemente; em seguida, a placa de Petri com a amostra ficou em repouso à temperatura ambiente (~21 °C) para a evaporação do excesso de líquido presente. Com o trabalho em

andamento teve-se a necessidade de alterações de metodologia e inclusive a adaptação, estas são explicadas nos itens a seguir.

### **2.3.2.1 Método de deposição *roll to roll***

No método *roll to roll* foi utilizada a prensagem das amostras. Com o auxílio de duas placas de Petri a mistura pastosa foi prensada até apresentar um aspecto bem fino e em seguida foi seca à temperatura ambiente ( $\sim 21$  °C).

### **2.3.2.2 Método ácido-base**

Como citado anteriormente, os grânulos de amido são compostos, em sua maioria, por amilose e amilopectina, que correspondem a proporção média de 25 e 75%. Com isso, foram propostas a realização de hidrólises ácidas e básicas visando a quebra das ligações de amido e assim alterando suas propriedades físico-químicas.

O método de produção de biofilmes com a utilização de ácido-base, baseia-se na preparação dos biofilmes adicionando 5 mL de HCl  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  à solução contendo 1,5 g de amido, 25 mL de água destilada e gotas de fenolftaleína, com o intuito de quebrar a amilase e por seqüência utiliza-se o método de titulação, adicionando pequenas quantidades de NaOH  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  até que esta se neutralize, e por assim retirar o excesso de ácido do biopolímero, por fim adiciona-se 0,8 g de D-sorbitol e cozinha-se a amostra

Também foi empregado o método reverso ao anterior, adicionando primeiramente NaOH  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  à solução de amido e água destilada, e por seqüência utiliza-se pequenas quantidades de HCl  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  até que a mesma se neutralize, e por assim retirar o excesso de base do polímero.

Após o processo de transferência das substâncias para placas de Petri, tais foram expostas a metodologia método *roll to roll*. Além disso, na etapa de secagem algumas das amostras foram expostas em uma superfície plana para secagem a temperatura ambiente, com intuito de diversificar a espessura e textura destas. A retirada do biofilme da superfície pode ser feita via seca ou através da irrigação de água, com o auxílio de uma espátula.

### **2.3.3 Caracterização dos biofilmes**

Após a produção dos biofilmes a base de amido de batata utilizando os diferentes métodos citados, estes foram submetidos a testes físico químicos para sua caracterização, como espectroscopia de infravermelho, degradabilidade e medição de espessura. As amostras

de amido obtidas na extração, bem como os biofilmes produzidos foram analisadas em um espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier e Reflectância Total Atenuada (FTIR - ATR), modelo Perkin Elmer Spectrum Two, disponibilizado pelo IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina, campus Geraldo Werninghaus.

### 2.3.4 Biodegradabilidade

Os biopolímeros sintetizados foram separados em 3 grupos e submetidos a um teste de biodegradabilidade com o intuito de colocar à prova suas capacidade de biodegradação em relação a um filme comercial de controle. Para a concretização do teste, os grupos foram separados como grupo A, B, C e o grupo Z (presentes nas **Tabela 1, 2, 3 e 4**) sendo este último o grupo controle, usando plásticos não biodegradáveis como padrão de degradação, todos com variantes entre si; de todos os grupos de biofilmes foram retirados então três amostras padrões com 2x2 cm de lado e todas tiveram sua massa e espessura medidas ao início e ao fim do teste.

**Tabela 1:** Grupo A - Dados sobre os biofilmes utilizando o método *roll to roll*.

Grupo A	D-sorbitol (g)	Amido (g)	H <sub>2</sub> O (mL)	Massa (mg)	Espessura (mm)
A1	0,8	1,5	25	57,8	0,004
A2	0,8	1,5	25	46,8	0,004
A3	0,8	1,5	25	38,4	0,005

**Tabela 2:** Grupo B - Dados sobre os biofilmes utilizando o método *Casting* com secagem à estufa.

Grupo B	D-sorbitol (g)	Amido (g)	H <sub>2</sub> O (mL)	Massa (mg)	Espessura(mm)
B1	0,8	1,5	25	134,8	0,254
B2	0,8	1,5	25	171,3	0,3048
B3	0,8	1,5	25	154,7	0,2286

**Tabela 3:** Grupo C - Dados sobre os biofilmes utilizando o método ácido-base.

Grupo C	D-sorbitol (g)	Amido (g)	H <sub>2</sub> O (mL)	Massa (mg)	Espessura(mm)
C1	0,8	1,5	25	29	0,0762
C2	0,8	1,5	25	44	0,1016
C3	0,8	1,5	25	33,3	0,076

**Tabela 4:** Grupo Z - Dados sobre os plásticos (PVC) comerciais utilizados como grupo controle.

Grupo Z	Classificação	Massa (mg)	Espessura (mm)
Z1	PVC	9,1	1
Z2	PVC	5	1
Z3	PVC	5,3	1

Os filmes então foram enterrados a aproximadamente 7 cm de profundidade em uma composteira confeccionada de forma caseira, a terra retirada de uma horta com presença de minhocas. O teste que visava simular a condição pela qual passa um filme plástico descartado incorretamente durou cerca de 26 dias. Ao final do período de teste os biofilmes e o filme comercial tiveram suas respectivas massas e espessuras medidas, após uma limpeza realizada com o auxílio de um pincel, de forma cuidadosa para retirar o máximo de impurezas possíveis e não danificar as amostras.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Extração de amido

Além da extração de amido da casca, também foi realizada como teste de comparação uma extração utilizando a polpa da batata, cerca de 200 g. O amido retirado da casca da batata apresentou uma coloração acinzentada, devida a impurezas presentes na casca, enquanto que o amido extraído diretamente da batata apresentou uma coloração branca, idêntico ao amido já industrializado e comercializado, como pode-se observar na **Figura 3**.

A extração proveniente da casca apresentou a aglomeração de pequenos grãos de amido, por esta razão foi realizada a maceração deste, para que ficasse em forma de pó e, por fim, foi deixado ao sol por algumas horas para que a umidade em excesso fosse retirada.



**Figura 3.** Amido extraído da casca e da polpa da batata, respectivamente.

**Fonte:** Acervo pessoal.

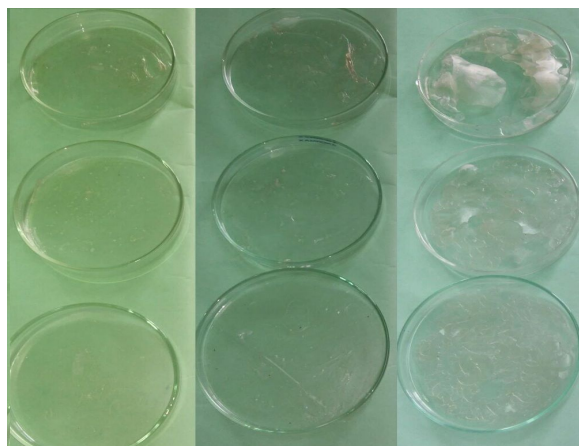
### 3.2 Produção de biofilmes

O método Casting se mostrou desafiador, apresentando característica viscosa e úmida devido a alta umidade relativa de Jaraguá do Sul, por isso foi necessária a utilização da estufa para auxiliar na secagem, tomando cuidado com o controle da temperatura de exposição das amostras (inferior a 50 °C) para evitar a degradação do amido. Já as amostras produzidas através do método roll to roll, devido a prensagem a qual os materiais foram submetidos, que diminuiu a espessura apresentou facilidade na secagem a temperatura ambiente não necessitando o auxílio da estufa. Algumas amostras foram expostas em uma superfície plana, assim como o método roll to roll estas não apresentaram dificuldades no momento da secagem, devido a diminuição de sua espessura e aumento da superfície de contato.

Os biofilmes produzidos com o processo de hidrólise ácida e básica, se mostraram eficientes em suas propriedades físicas. De acordo com Dias (2008), “toda reação que é catalisada por ácido, é também catalisada por base. Porém como as soluções viscosas eram submetidas a temperaturas elevadas, não é possível determinar qual é mais rápida e qual é mais lenta.” Essas amostras correspondem ao grupo C no teste de biodegradabilidade, como descrito na **Tabela 3**, estas não foram recuperadas após a retirada do solo, esse fator pode estar relacionado a quebra da amilose o que facilita a digestão do amido por microorganismos.

Os biofilmes utilizando glicerina e D-sorbitol se mostraram satisfatórios, as propriedades variáveis entre os dois foram a consistência, espessura, maleabilidade e a viscosidade. No entanto, os que fizeram uso da glicerina apresentaram maior dificuldade para serem retirados da placa de Petri, devido a sua maior viscosidade em relação aos de D-sorbitol.

Além disso, em um primeiro momento o tetraborato de sódio (bórax) foi selecionado como um dos plastificantes na produção dos biofilmes, entretanto o biofilme utilizando tetraborato de sódio apresentou dois problemas polarizados, uma parcela obteve uma consistência muito quebradiça após a secagem, já a outra parcela não secou e devido a grande quantidade de água em seu interior não tomou forma nem consistência. A diferença entre os biofilmes pode-se ver na **Figura 4**.



**Figura 4.** Biofilme com glicerina, D-sorbitol e tetraborato de sódio respectivamente, 0,8 g, 0,5 g e 0,3 g de cima para baixo.

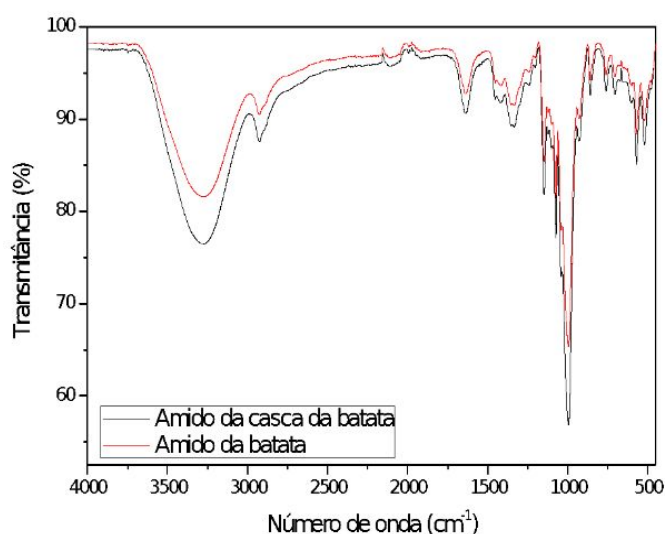
**Fonte:** Acervo pessoal.

### **3.4 Caracterização por espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier e Reflectância Total Atenuada (FTIR - ATR)**

A técnica espectroscópica pode ser utilizada para a caracterização de materiais. Isso significa que é possível obter informações sobre os tipos de ligações entre átomos, a vizinhança atômica desses átomos e ligações, a presença e a concentração de substâncias em amostras, etc. (LEITE; PRADO, 2012)

#### **3.4.1 Extração de amido**

A metodologia aplicada, baseada em Pinto, Calloni e Silva (2013), permite que os bandas do material em análise sejam separadas em bandas de acordo com suas posições. A análise foi realizada diferenciando duas amostras de amido, sendo uma proveniente da casca da batata e outra de sua polpa como é apresentado na **Figura 5**. A **Tabela 5** contém um resumo das principais bandas observadas e suas atribuições.

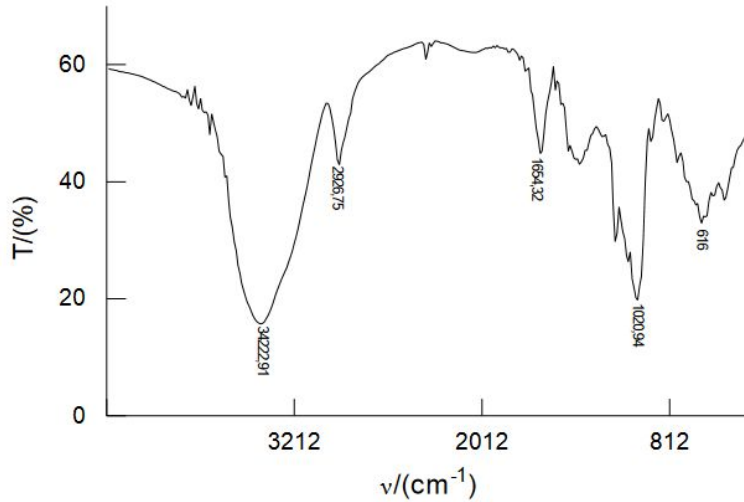


**Figura 5.** Espectro na região do infravermelho do amido extraído da casca da batata e da polpa da batata.  
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

**Tabela 5.** Atribuições das bandas dos espectros de FTIR para o amido obtido da extração da casca de batata.

Posição das bandas (cm <sup>-1</sup> )	Atribuições
1000	Estiramento C-O
2900	Estiramento C-H de alcano
2900	Dobramento CH <sub>2</sub>
3250	Estiramento de O-H
1600	Dobramento H-O-H de água
1400	Estiramento C-C e C-O-H

Pelo espectro é possível notar que a amostra apresenta na região 3250 cm<sup>-1</sup> as bandas características de estiramento OH (**Tabela 5**), indicando a presença de grupos hidroxilas tanto no amido extraído da casca da batata, quanto no amido extraído diretamente da polpa da batata, os quais são encontrados das macromoléculas amilose e amilopectina. Na região 2900 cm<sup>-1</sup> se encontram as bandas que representam o estiramento de ligação CH dos grupos CH e CH<sub>2</sub>, a região 1000 cm<sup>-1</sup> apresenta estiramento de ligação CO, a região 1600 cm<sup>-1</sup> estiramento de deformação angular de HOH de água absorvida e na região 1400 cm<sup>-1</sup> se encontram as bandas que representam as ligações de CC e COH.

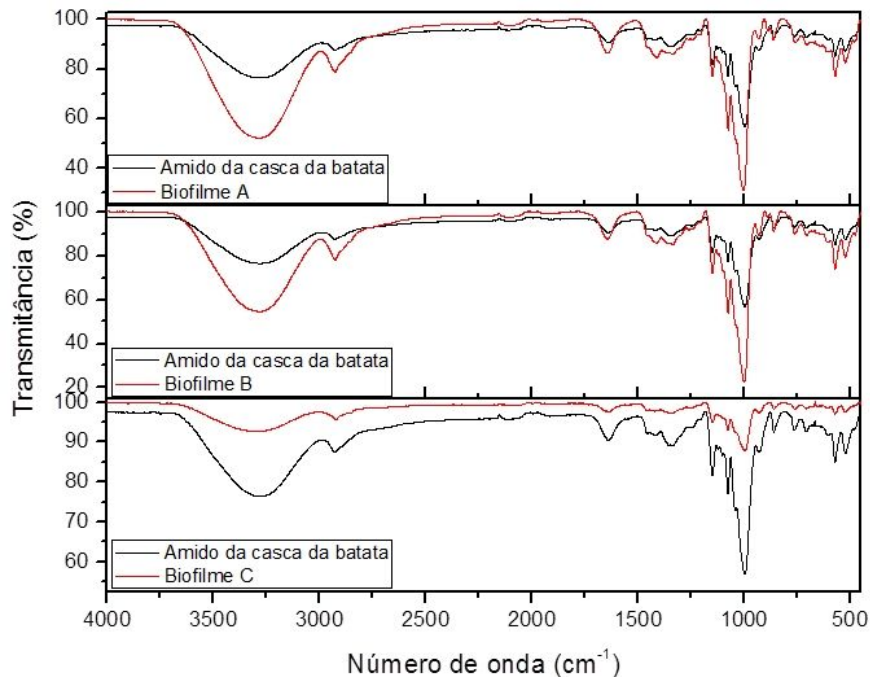


**Figura 6.** Espectro de literatura na região do infravermelho do amido.  
**Fonte:** VIEIRA, 1998

Pode-se observar que os espectros de infravermelho dos amidos extraídos apresentam as mesmas bandas, diferindo apenas na sua transmitância. E pela comparação com o espectro da **Figura 6**, obtido de Vieira (1998), pode-se concluir que a substância extraída da casca da batata é realmente amido.

### 3.4.2 Infravermelho dos biofilmes

Na **Figura 7** encontram-se os resultados obtidos pela espectroscopia aplicada aos biofilmes dos grupos A, B e C.



**Figura 7.** Espectros na região do infravermelho dos biofilmes de amido do Grupo A, B e C.  
**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Quando se compara o espectro apresentado pela análise espectroscópica do amido da casca da batata com o espectro do biofilme do grupo B, pode-se perceber entre eles grandes semelhanças no posicionamento da deformação das bandas, comprovando assim que o amido extraído da casca da batata está presente na composição dos biofilmes. E ao relacionar as análises espectroscópicas dos biofilmes do grupo B com os biofilmes do grupo A notasse também grande semelhança.

Como citado anteriormente, um dos métodos utilizados na produção dos biofilmes, foi a utilização de ácido-base. Os biofilmes que passaram pela síntese com o método de ácido-base apresentaram diferença na transmitância em relação aos demais biofilmes, apresentando uma diminuição nas bandas de OH. Essa diferença deu-se devido a quebra da amilose, no entanto a análise espectroscópica deste em relação às outras análises ainda é bastante semelhante.

### 3.5 Resultados da biodegradabilidade

Os biopolímeros foram separados em três diferentes Grupos (A, B, C e Z), sendo Z o grupo padrão utilizando plásticos industrializados a base de petróleo, e submetidos ao teste de biodegradabilidade utilizando uma composteira, apresentando terra e materiais orgânicos adquiridos em uma horta doméstica.

A **Figura 8** apresenta a composteira confeccionada, esta visa simular um terreno genérico em que um filme plástico possa vir a ser descartado, se este for descartado de forma indevida. Sua elaboração foi feita com terra de horta com a presença de algumas minhocas.



**Figura 8.** Composteira. **Fonte:** Acervo pessoal.

### 3.5.1 Método *roll to roll*.

Das três amostras do grupo A submetidas ao teste de biodegradabilidade, somente a A1 foi recuperada (**Figura 9**). Da sua massa inicial, restaram 3,9 mg sendo assim o biofilme teve uma degradação em massa de 53,9 mg em 26 dias, enquanto que as demais amostras, acredita-se que tenham sido completamente degradadas, uma vez que não puderam ser recuperadas do terrário. Em relação a amostra A1, depois de desenterrada foram observadas mudanças físicas provenientes da ação microbiológica a qual foi exposta, sua cor e transparência foram alteradas se tornando com aspecto amarelado, o filme também se tornou mais quebradiço e menos resistente além de ter tido considerável redução em seu tamanho, o que evidencia a sua perda de massa.



**Figura 9.** Biofilme antes e depois do teste da biodegradabilidade.

**Fonte:** Acervo pessoal.

### 3.5.2 Método seco a estufa.

Destas três amostras do grupo B, B1 e B2 foram recuperadas, enquanto que a amostra B3 não foi encontrada no terrário o que pode evidenciar sua degradação parcial decorrido de uma possível fragmentação em pedaços menores que não puderam ser encontrados, ou então, assim como no grupo A, pode indicar sua total degradação. A amostra B1 (**Figura 10**) apresentou uma degradação em massa de 17,6 mg no período de execução do teste, restando apenas 117,2 mg de sua massa inicial. Já a amostra B2 obteve massa adicional na sua segunda pesagem, isso se dá provavelmente por ainda haver resquícios de terra em seu corpo.



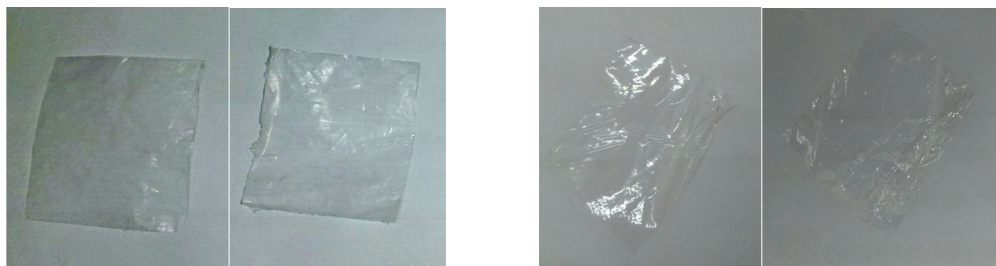
**Figura 10.** A esquerda os biofilmes antes do processo de degradação e a direita os biofilmes depois do processo de biodegradação. **Fonte:** Acervo pessoal.

### 3.5.3 Método ácido-base.

Das três amostras do grupo C submetidas ao teste de biodegradabilidade, nenhuma delas foi recuperada, logo conclui-se que estas amostras tenham degradado completamente. A quebra da amilose feita pela adição de ácido antes do cozimento da solução contribuiu para o processo de digestão do amido, já que com a sua quebra facilita a digestão dos microrganismos; e, provavelmente, foi o fator providencial para que os biofilmes do grupo C se degradassem com maior rapidez e eficiência em relação aos outros biofilmes.

### 3.5.3 Filme comercial

Das três amostras do grupo Z submetidas ao teste de biodegradabilidade, todas as amostras foram recuperadas sem mudanças significativas em sua massa nem em sua aparência física (**Figura 11**), assim pode-se concluir que os plásticos comerciais, provenientes do petróleo, não apresentam a característica de degradação em curto espaço de tempo, como no caso dos biofilmes ecológicos sintetizados. Somente a amostra Z3 apresentou diferença em sua massa e esta se deu devido a presença de grãos de terra que continuam presos a amostra na sua segunda pesagem, sendo assim a amostra mostrou ganho de massa.



**Figuras 11.** Biofilmes antes e depois do processo de biodegradação.

**Fonte:** Acervo pessoal.

## 4. Considerações Finais

O processo de obtenção do amido proveniente da casca da batata se mostrou eficiente, de fácil produção e viável, apresentando resultados que atingiram o esperado perante ao que foi proposto inicialmente e atingindo também as expectativas relacionadas às suas características físicas, o que facilitou as análises relacionadas a composição química e espessura.

Com o amido extraído e devidamente seco foram produzidos os biofilmes utilizando diversos plastificantes, como tetraborato de sódio, glicerina e D-sorbitol. Entretanto o que

proporcionou ótima consistência e melhor maleabilidade para a produção do biofilme foi o D-sorbitol, embora a glicerina também tenha se mostrado eficaz na produção dos filmes. A partir desta metodologia pôde-se concluir que é possível a produção de filmes biodegradáveis provindos do amido da casca da batata.

Em relação ao teste de biodegradabilidade pode-se concluir que o grupo com maior eficiência foi o Grupo C, que correspondem aos biofilmes produzidos a partir do método de ácido-base. Os biofilmes produzidos apresentam grande potencial na produção de materiais de curto tempo de vida útil, por possuírem características semelhantes a de polímeros comerciais e se degradarem em um curto espaço de tempo. Algumas amostras contendo glicerina e D-Sorbitol foram armazenadas no laboratório de Química durante a execução do projeto, estas apresentaram atividade microbiana antes mesmo de serem enterradas. Portanto, cuidados como armazenamento e tempo de uso devem ser levados em consideração.

No que diz respeito às hipóteses formuladas no projeto, inicialmente seriam realizadas comparações das propriedades dos biopolímeros produzidos pelo grupo com as dos biopolímeros já comercializados, no entanto, optou-se por realizar essa comparação com as propriedades de polímeros oriundos de fontes não renováveis. A hipótese de que os biopolímeros produzidos se degradam mais rapidamente que o polímero já comercializado, foi confirmada, visto que muitas das amostras de biopolímeros não foram recuperadas enquanto de polímeros sintéticos não sofreram alterações significativas.

Outra hipótese, de que os biopolímeros produzidos apresentaram flexibilidade equivalente ou superior a do biopolímero industrializado, foi parcialmente confirmada já que algumas amostras como as que foram produzidas através dos métodos ácido-base e *roll to roll* apresentaram flexibilidade muito semelhante a de polímeros comerciais, porém nem todas as amostras obtiveram essa característica.

Uma possível expectativa do trabalho é o aperfeiçoamento das técnicas empregadas para posterior produção e comercialização de produtos industrializados partidos de filmes biodegradáveis e sustentáveis.

## **5. Agradecimentos**

Agradecemos primeiramente a instituição pelo incentivo e infraestrutura, aos laboratoristas pelo auxílio e compreensão durante os procedimentos realizados, e ao professor Marcelo Schappo pelo interesse e disponibilidade de contato para com o grupo.

Agradecemos também ao Restaurante *Jet Chicken* pelas cascas de batata e à todos os professores da área de química do Campus Jaraguá do Sul por oferecerem total disponibilidade de auxílio para com o andamento do projeto em geral.

## 6. Referências

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Legislação específica de alimentos: Embalagens. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/embalagens.htm>>. Acesso em: 07 de jun de 2017.

BRITO, Gustavo F. et al. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**. 2011. 139 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

CANDIDO, Lígia Colares. **ESTRATÉGIAS ANALÍTICAS PARA DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO VIA ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA DE ALTA RESOLUÇÃO COM FONTE CONTÍNUA**. 2015. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/156537/336122.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 22 maio de 2017.

DIAS, Amanda Borba. **DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS OBTIDOS DE AMIDO E DE FARINHA DE ARROZ**. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ELLIS, R.P.; COCHRANE, M. P.; DALE, M. F. B.; DUFFUS, C. M.; LYNN, A.; MORRISON, I. M.; PRENTICE, R. D. M.; SWANSTON, J. S.; TILLER, S. A. Starch production and industrial use (Review). *Journal of Science Food and Agriculture*, London, v.77, n. 3, p.289-311, 1998.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Arroz: Histórico da produção de arroz irrigado**. s.d. Disponível em: <[http://www.epagri.sc.gov.br/?page\\_id=1343](http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=1343)>. Acesso em: 18 de maio de 2017.

ESQUEMA PARA INTERPRETAÇÃO DE ESPECTROS DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO. Salvador: Química Nova, 04 nov. 2004. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol27No4\\_670\\_24-ED03198.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol27No4_670_24-ED03198.pdf)>. Acesso em: 03 junho de 2017.

JUNIOR, Wilmo E. Francisco. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA: Carboidratos: Estrutura, Propriedades e Funções**. 2008. Nº 29. Araraquara, SP. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/03-CCD-2907.pdf>> Acesso em: 19 de maio de 2017.

LEITE, Diego de Oliveira; PRADO, Rogério Junqueira. **Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio**. 2010. 9 f. TCC (Graduação) - Curso de Física,

Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2011. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n2/v34n2a15.pdf>>. Acesso em: 29 maio de 2017.

MACHADO, Rita. **Plástico e meio ambiente uma relação possível?** 2011. Disponível em:  
Acesso em: 02 de junho de 2017.

MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Victória Eiras; YAMASHITA, Fábio. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p.137-155, 18 nov. 2009. Disponível em:  
<<file:///C:/Users/ifsc/Desktop/4898-17443-1-PB.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2017.

MIDDLECAMP, Catherine H. et al. **Química Para um Futuro Sustentável**. 8. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2016. 578 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Impacto das embalagens no 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: 05 de junho de 2017.

NEVES, Jaqueline Morais *et al.* **Produção de bioplástico a partir da casca da batata (*Solanum tuberosum*): o desenvolvimento de um protótipo interdisciplinar**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 11., 2013, Gramado. Cobenge. Salvador, 2013.  
Disponível em: <[http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/116912\\_1.pdf](http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/116912_1.pdf)>. Acesso em: 21 de maio de 2017.

OLIVEIRA, Carla. **Plástico biodegradável**. 2010. Disponível em:  
<<http://profcarlaquimica.blogspot.com.br/2010/09/plastico-biodegradavel-o-lixo-urbano-e.html>>. Acesso em: 09 de junho de 2017.

PINTO, Bruna; CALLONI, Greice; SILVA, Schana Andréia da. **Obtenção de acetato de celulose a partir da casca de arroz (*Oryza sativa*)**, 2012. Curso de Química, Fetlsv, Novo Hamburgo, 2013.

QUADROS. Diomar Augusto de. et. al. **Ciência e Tecnologia de alimentos: Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio**. Campinas, 2009. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n2/13.pdf>> Acesso em: 25 de maio de 2017.

OLIVEIRA, Michelle; GOMES, Fernando. **POLÍMEROS: O que são, suas aplicações e as áreas de formações técnicas e acadêmicas**. Disponível em:  
<<http://www.ima.ufrj.br/wp-content/uploads/2013/11/30-10.15-Polímeros-o-que-são.pdf>>. Acesso em: 19 de maio de 2017.

PACHEKOSKI, Wagner apud MACHADO, Rita. **Plástico e meio ambiente uma relação possível?**. Disponível em:

<<http://cienciaecultura.ufba.br/agenciadenoticias/opiniaio/plastico-e-meio-ambiente-uma-relacao-possivel/>> Acesso em: 12 de maio de 2017.

PRADELLA, José Geraldo da Cruz. Biopolímeros e Intermediários Químicos. São Paulo: Redetec, 2006.

VIEIRA, Luciene Patrícia. **Estudo de propriedades do sistema macromolecular amido por espectroscopia vibracional na região no infravermelho.** 1998. 98 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 37, p. 849-868, 2002.