



**Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"**

PAULA CONSOLI IRENO FRANCO

**PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS
DE AMIDO DE MANDIOCA REFORÇADO COM A FIBRA DO COCO
VERDE**

**Assis/SP
2016**



**Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"**

PAULA CONSOLI IRENO FRANCO

**PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS
DE AMIDO DE MANDIOCA REFORÇADO COM A FIBRA DO COCO
VERDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de licenciatura em química e bacharelado em química industrial do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

**Orientanda: Paula Consoli Ireno Franco
Orientadora: Dra. Mary Leiva de Faria
Co-orientadora: Ana Paula Bilck**

**Assis/SP
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA

FRANCO, Paula Consoli Ireno.

Preparação e Caracterização de filmes biodegradáveis de amido de mandioca reforçado com a fibra do coco verde/ Paula Consoli Ireno Franco. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA – Assis, 2016.

74p.

Orientadora: Dra. Mary Leiva de Faria.

Trabalho de conclusão de curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Amido. 2. Fibra de coco. 3. Polímero biodegradável

CDD: 660
Biblioteca da FEMA

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO DE MANDIOCA REFORÇADO COM A FIBRA DO COCO VERDE

PAULA CONSOLI IRENO FRANCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

Orientadora: _____
Dra. Mary Leiva de Faria

Examinadora: _____
Dra. Patrícia Cavani Martins Mello

Assis/SP
2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Ivana e Aloisio, que apesar de não entenderem o que faço me apoiam incondicionalmente. Aos meus avós, Uracy e Ivoni, que compartilham a jornada junto a mim todos os dias e ao meu irmão, Vinícius, por todo incentivo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela vida, pelas grandes oportunidades, por estar sempre me iluminando e me dando força nos momentos de dificuldade.

Agradeço à minha orientadora, Dra. Mary Leiva de Faria, pela orientação, dedicação, compreensão, por todo conteúdo compartilhado ao longo da graduação e por, principalmente, acreditar no meu trabalho.

À minha co-orientadora, Dr^a. Ana Paula Bilck, por toda troca de informação, pela colaboração diretamente na execução do meu trabalho.

À minha mãe Ivana, que é fonte de força, alegria, amor e carinho. É quem me incentiva e apoia nas minhas decisões. Eu jamais conseguiria retribuí-la por tudo que faz e significa para mim.

Ao meu pai, Aloisio, por ser a fortaleza, minha inspiração, alicerce e meu exemplo de homem.

Aos meus avós Uracy e Ivoni, por todas as noites que ficaram me esperando chegar da aula, por todo apoio, carinho e, principalmente, por serem meus anjos protetores.

Ao meu irmão Vinícius, por todo incentivo e carinho.

Ao meu namorado Matheus, pela confiança, pelo apoio e carinho. Pelo incentivo em todos os momentos, por estar sempre ao meu lado e pela ilusão de um futuro melhor juntos. A sua família pela força.

Aos docentes do curso de química, que puderam compartilhar seus conhecimentos para enriquecer os meus, em especial a professora Dra. Patrícia, que me ajudou ao longo da graduação e sempre confiou nas minhas ideias me dando excelentes conselhos.

À professora Me. Elaine, que me ensinou toda a parte prática que hoje sei, além de sempre me incentivar a buscar mais experiências.

Aos técnicos e estagiários do CEPECI, por sempre estarem dispostos a ajudar. E onde tive a oportunidade de realizar estágio e adquirir maiores experiências.

Às minhas amigas Adriana Ferreira, Liziane Souza e Mayara Félix por estarem sempre me ajudando, pela acolhida, conselho e por comemorarem comigo a cada etapa vencida. Obrigada por todo companheirismo.

Aos meus amigos Alex, Diego, Maraisa e Thaís, pelas risadas, pela alegria e por toda amizade construída ao longo da graduação.

Ao técnico do laboratório de química, Fernando, pela sua disposição em me ajudar.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o meu trabalho, minha formação, o meu muito obrigada.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein.

RESUMO

O amido de mandioca tem sido amplamente utilizado na elaboração de materiais biodegradáveis. Filmes de amido produzidos com a adição de fibras naturais levam à formação de compósitos poliméricos com melhores propriedades mecânicas, com maior resistência à umidade e com maior biodegradabilidade. O objetivo desse trabalho é a produção de filmes biodegradáveis a partir de blendas poliméricas de amido termoplástico reforçados com fibras de coco verde e caracterizá-los quanto à espessura, propriedades mecânicas, permeabilidade ao vapor de água e isoterms de sorção. Os filmes foram produzidos com amido de mandioca (3 g/100g solução filmogênica), glicerol (30g/100g de amido), fibras e sorbato de potássio, completando-se com água para obter 100g de solução filmogênica. Foram realizadas quatro formulações para os filmes, variando a concentração de fibras (5g, 10g, 15g e 20g/100g de amido) e sorbato de potássio (0.25g, 0.5g, 0.75g/100g solução filmogênica). Cada formulação foi submetida à gelatinização e posterior secagem em estufa de ar forçado a 40 °C por 20 horas. Os filmes foram produzidos pela técnica de *casting* e apresentaram sulcos aparentes de glicerol, não havendo homogeneidade nos mesmos. Contudo, se apresentaram sem ondulações, rupturas ou fraturas após a secagem. Não foi possível caracterizar os filmes com 5% de fibra e o filme controle (sem adição de fibra), devido à alta higroscopicidade dos mesmos. A espessura dos filmes variou de 0,187 a 0,216 mm e o filme com 10% de fibra apresentou a menor espessura. Observou-se reduções na resistência máxima à tração e no alongamento na ruptura, com o aumento de porcentagem de fibras. Nos filmes em estudo não foi possível medir o Módulo de Young (Módulo de Elasticidade) devido ao fraco alongamento no ponto de escoamento. A baixa linearidade da curva impediu a realização dos cálculos com precisão. Esta variação pode ser atribuída à falta de homogeneidade no tamanho das fibras do filme, havendo uma ruptura mais rápida onde há uma fibra mais longa. O filme com 20% de fibra mostrou-se menos permeável ao vapor de água quando comparado com os demais filmes. A inclusão de fibra *in natura* de coco verde em filmes biodegradáveis produzidos de amido de mandioca/glicerol alterou as propriedades mecânicas e de barreira dos mesmos. Os resultados indicam que a redução da resistência máxima à tração e do alongamento na ruptura é decorrente da fraca interação das fibras de coco com a matriz polimérica e que a falta de homogeneidade no tamanho das mesmas impossibilitou a medida do Módulo de Young. Para melhorar a interação entre a fibra e a matriz polimérica e obter fibras com maior uniformidade de tamanho, melhorando assim as propriedades mecânicas, é necessário uma modificação química ou física das fibras, antes de serem incorporadas à matriz polimérica. Já a diminuição da permeabilidade ao vapor de água com o aumento de adição de fibras, é devido ao seu caráter mais hidrofóbico se comparado com o amido. Este trabalho relata também como o tema biodegradabilidade pode ser utilizado no ensino médio para o estudo de compostos biodegradáveis, sintéticos ou naturais, e o menor impacto no meio ambiente.

Palavras chave: amido; fibra de coco verde; polímero biodegradável.

ABSTRACT

Cassava starch has been widely used in the preparation of biodegradable materials. Produced starch films with the addition of natural fibers lead to formation of polymer composites with improved mechanical properties, greater moisture resistance and greater biodegradability. The aim of this work is the production of biodegradable films by using polymer blends of thermoplastic starch reinforced with coconut fiber and their characterization according to their thickness, mechanical properties, permeability to water steam and sorption isotherms. The films were produced from cassava starch (3/100g filmogenic solution), glycerol (30g/100g starch), fiber and potassium sorbate, completing with water to obtain 100g of filmogenic solution. Four formulations were performed for the films, varying the concentration of fibers (5g, 10g, 15g and 20g/ 100g starch) and potassium sorbate (0.25g, 0.5g and 0.75g/100g filmogenic solution). Each formulation was subjected to gelatinization and subsequent drying in a forced air oven at 40 ° C for 20 h. Films produced by casting technique showed apparent grooves glycerol, showing no homogeneity in the same. However, they showed no undulations, breaks or fractures after drying. It was not possible to characterize the films with 5% fiber and film control (without fibers) due to their high level of hygroscopicity. Films thickness ranged from 0.187 to 0.216 mm and the film with 10% fiber had the smallest lowest thickness. In the films, it was not possible to measure the Young's modulus (Modulus of Elasticity) due to weak elongation on flowage point. The low linearity curve prevented the accurate calculations accurately. This variation can be attributed to the lack of homogeneity in the size of the film fibers, what leads to having a faster breakdown where there is a longer fiber. The film with 20% fiber was less permeable to water steam compared to other films. The addition of coconut fiber in natura into biodegradable produced films produced from cassava starch / glycerol alter their mechanical and barrier properties. The results indicate that the reduction of maximum tensile strength and the elongation at break is due to the weak interaction of coconut fibers with the polymeric matrix, and the lack of homogeneity in its size made it impossible to measure the Young's Modulus. To improve the interaction between the fiber and the polymer matrix and to obtain fibers with a more uniform size, thereby, thereby improving the mechanical properties, chemical or physical properties of the fibers, a modification in the fibers is necessary a modification before being incorporation into the polymeric matrix. The decrease of the permeability to water steam with increasing addition of fibers it is due to their more hydrophobic character compared to the starch. This paper also reports how the issue theme of biodegradability can be used in high school for the study of biodegradable, synthetic or natural compounds, and the lowest impact on the environment.

Keywords: starch, coconut fiber, biodegradable polymer

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Classificação de alguns polímeros biodegradáveis de acordo com sua fonte de obtenção.....	19
Figura 2 - Estrutura química: (a) PCL; (b) PLA; (c) PGA; (d) PGLA.....	20
Figura 3 - Estruturas dos ácidos algínicos (a) manurônico; (b) gulurônico.....	22
Figura 4 - Conformação β dos polipeptídios.....	22
Figura 5 - Estrutura química dos poli(hidroxiálconatos (PHAs): (a) polihidroxibutirato, b) poli(hidroxivaletarato e, c) poli(hidroxibutirato-co-valerato).....	23
Figura 6 - Estrutura da celulose, quitina e quitosana.....	24
Figura 7 - Formas de diversos tipos de grânulos de amido.....	25
Figura 8 - Estrutura molecular da amilose.....	27
Figura 9 - Estrutura molecular da amilopectina.....	28
Figura 10 - Alteração dos grânulos no processo de gelatinização.....	29
Figura 11 - Classificação das fibras.....	31
Figura 12 - Estrutura de uma fibra vegetal.....	32
Figura 13 - Estrutura da Celulose.....	34
Figura 14 - Estrutura da O-acetil-(4-O-metilglucurônico)-xilana.....	34
Figura 15 - Estrutura química hipotética da lignina.....	35
Figura 16 - Corte longitudinal do coco e suas partes.....	36
Figura 17 - Curva característica de tensão de tração x deformação.....	41
Figura 18 - Esboço do gráfico da isoterma.....	42

Figura 19 - Reação de hidrólise e respiração.....	46
Figura 20 - a)Corte transversal; b) Fibras retiradas e lavadas.....	50
Figura 21 - Fluxograma da técnica de <i>casting</i> para produção dos filmes ativos.....	51
Figura 22 - Filmes produzidos.....	55
Figura 23 - Gráfico de Isotermas de Sorção de água a 25°C.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Característica de amidos de diversas fontes de vegetais.....	26
Tabela 2 - Temperatura de gelatinização de algumas fontes de amido.....	30
Tabela 3 - Composição química das fibras naturais.....	33
Tabela 4 - Valores médios das principais propriedades da fibra de coco verde.....	37
Tabela 5 - Formulação dos filmes biodegradáveis.....	51
Tabela 6 - Valores de espessura dos filmes.....	56
Tabela 7 - Propriedades mecânicas dos filmes.....	56
Tabela 8 - Permeabilidade ao vapor de água.....	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS.....	18
2.1 POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS SINTÉTICOS.....	20
2.2 POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS NATURAIS.....	21
2.2.1 Ácidos Algínicos.....	21
2.2.2 Peptídeos Naturais.....	22
2.2.3 Polímeros Bacterianos.....	23
2.2.4 Polissacarídeos.....	23
3. AMIDO.....	25
3.1 FILMES DE AMIDO.....	28
4. FIBRAS.....	31
4.1 FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS.....	32
4.2 FIBRA DE COCO.....	36
4.3 RESÍDUOS LIGNICELULÓSICOS COMO REFORÇO EM EMBALAGENS DE AMIDO.....	37
5. MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS.....	40
5.1 ESPESSURA.....	40
5.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS DE TRAÇÃO.....	40
5.3 PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA.....	42
5.4 ISOTERMAS DE SORÇÃO.....	42
6. BIODEGRADAÇÃO: UM TEMA PARA O ENSINO DE QUÍMICA.....	44
7. MATERIAIS E METÓDOS.....	48

7.1 MATERIAIS.....	48
7.2 EQUIPAMENTOS.....	48
7.3 REAGENTES.....	49
7.4 METÓDOS.....	49
7.4.1 Preparo da fibra do coco verde.....	49
7.4.2 Preparo dos biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibra de coco verde por <i>casting</i>.....	50
7.4.3 Caracterização dos Biofilmes.....	52
7.4.3.1 Espessura.....	52
7.4.3.2 Propriedades Mecânicas.....	52
7.4.3.3 Permeabilidade ao Vapor de Água.....	52
7.4.3.4 Isotermas de Sorção.....	53
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
9. CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	60
REFERÊNCIAS.....	61

1. INTRODUÇÃO

Existe nos dias de hoje uma grande preocupação com o desenvolvimento de uma economia sustentável. Por isso, a criação de produtos capazes de substituir os polímeros derivados do petróleo, pelos biodegradáveis e de fontes renováveis tem sido um grande desafio científico (MELO, 2010).

Segundo Campagner et al. (2014), a preocupação com o meio ambiente tem sido cada vez mais acentuada, visto que os polímeros convencionais apresentam uma degradação natural muito lenta. Além de serem de origem não renovável, a poluição do meio ambiente, decorrente do descarte inadequado destes polímeros é uma grande preocupação mundial, considerando que estes materiais podem levar mais de 100 anos para se decomporem.

Há tempos a substituição de plásticos convencionais por materiais biodegradáveis vem despertando o interesse de cientistas e ambientalistas. O interesse em relação aos polímeros biodegradáveis provenientes de recursos naturais e renováveis tem sido crescente, especialmente quando se considera o desenvolvimento de produtos que provoquem menor impacto ambiental (MORAES, 2009).

Os polímeros biodegradáveis sofrem com facilidade a ação de microrganismos, por possuírem funções orgânicas em suas cadeias alifáticas: carbonilas, hidroxilas, ésteres, hidroxíácidos, as quais são mais suscetíveis à ação enzimática. Contudo, é importante ressaltar que fatores tais como: tipos de microrganismos presentes, condições do meio (temperatura, umidade, pH, luz, O₂), bem como as propriedades do polímero (massa molar, cristalinidade, etc.), são relevantes para esta ação enzimática (VICELLI et al., 2015). Dentre os polímeros biodegradáveis disponíveis, o amido tem recebido uma atenção especial, principalmente devido à atrativa combinação de preço, desempenho e disponibilidade, podendo ser utilizado na sua forma nativa ou modificado (DEDIAGI et al., 2012).

Os filmes oriundos do amido apresentam baixa permeabilidade a gases (CO₂ e O₂), entretanto, apresentam algumas limitações em relação aos filmes convencionais, como propriedades mecânicas inferiores e alta permeabilidade ao vapor de água. Além disso,

filmes produzidos exclusivamente de amido têm apresentado problemas com relação às propriedades mecânicas, geralmente pobres e suscetibilidade à umidade quando armazenados em ambientes com elevada umidade relativa. Tais fatores têm levado a obtenção de materiais quebradiços e higroscópicos (DEBIAGI et al., 2012). Contudo, o emprego de fibras naturais, de origem vegetal podem melhorar estas propriedades que limitam sua aplicação. Tais fibras são utilizadas como materiais de reforço a matrizes poliméricas de amido, levando à formação de compósitos poliméricos que apresentam melhores propriedades mecânicas e maiores resistência à umidade, além de diminuir os custos e aumentar a biodegradabilidade. A similaridade das fibras vegetais com o amido possibilita uma forte adesão entre a matriz polimérica e a fibra, o que conduz à melhora das propriedades mecânicas (DEBIAGI et al., 2012; SOUZA; SILVA; DRUZIAN, 2012).

No Brasil existe uma grande disponibilidade de fontes de fibra vegetal, sendo a fibra de coco uma delas. Esta fibra apresenta vantagens como biodegradabilidade, caráter renovável, baixo custo e propriedades mecânicas melhoradas quando comparadas as fibras sintéticas e seu emprego contribui com os esforços atuais de proteção ao meio ambiente, pois promove uma diminuição dos resíduos da agricultura. Tais fatores justificam sua utilização como material de reforço em embalagens de amido (MACHADO et al., 2014).

Com a finalidade de obter um biomaterial com melhores propriedades mecânicas, o objetivo deste trabalho é preparar biofilmes de amido de mandioca, plastificados com glicerol e reforçados com fibras de coco, bem como caracterizá-los quanto à espessura, propriedades mecânicas e de barreira.

2. POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS

Polímeros biodegradáveis são polímeros naturais ou sintéticos que podem ser degradados por microrganismos tais como fungos, bactérias e algas de ocorrência natural, gerando CO₂, CH₄, componentes celulares entre outros, levando-se em conta o meio em que se encontram. Podem também ser materiais que se degradam em dióxido de carbono, água e biomassa, como resultado da ação de organismos vivos ou enzimas (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006).

No processo de biodegradação os microrganismos e suas enzimas consomem o polímero como fonte de nutrientes em condições normais de umidade, temperatura e pressão (RICARDO et al., 2009).

A degradação de um polímero é resultante de reações químicas de diversos tipos, que podem ser intra ou intermoleculares. Pode ser um processo de despolimerização, de oxidação, de reticulação ou de cisão de ligações químicas, podendo ser causada por eventos diferentes, dependendo do material, da forma de processamento e do seu uso (RETT, 2010).

O polímero biodegradável possui grande vantagem sobre o comum, por não deixar resíduo na natureza diminuindo, assim, os impactos ambientais. Sendo assim, o polímero mais adequado para uso diário é o biodegradável. Por ser um material pouco conhecido e que ainda passa por modificações e aprimoramentos, o polímero biodegradável ainda é tido como uma solução parcial na diminuição da quantidade de resíduos plásticos do ambiente, podendo um dia vir a ser uma solução definitiva, erradicando totalmente o uso de polímeros sintéticos (SOUZA; FELIPE; BERTIM; et al, 2015).

Classificam-se os polímeros biodegradáveis levando em conta sua origem biológica e tecnológica em quatro grandes grupos: a) produtos de origem agrícola (biomassa), os quais englobam os materiais derivados de polissacarídeos (amido, derivados de celulose, quitosana, etc.), proteína de origem animal e vegetal (zeína, proteínas do soro do leite, colágeno, gelatina, etc.) e lipídios (ceras); b) produtos de origem microbiana (fermentação), que incluem polímeros introduzidos por via fermentativa em que não há necessidade de outro processo de transformação. Estão inclusos neste grupo os

polihidroxiacetonatos como o, polihidroxiacetato (PHA) e polihidroxiacetato-co-valerato (PHBV); c) produtos biotecnológicos, os quais são formados por polímeros que envolvem a produção biotecnológica/fermentativa do monômero, mas que requer um processo de síntese ou polimerização convencional. Neste grupo está incluso a família dos polilactídeos, em que o poli(ácido láctico) (PLA); recebe destaque; d) produtos da indústria petroquímica que são compostos por polímeros derivados de petróleo, os quais são provenientes de fontes fósseis e apresentam biodegradabilidade. Os polímeros biodegradáveis pertencentes a este grupo são as policaprolactonas (PCL), poliésteramidas (PEA), copoliésteres alifáticos e copoliésteres aromáticos. (BILCK, 2010; BRITO et. al.; 2011). A figura 1 ilustra um fluxograma classificando alguns polímeros biodegradáveis de acordo com sua fonte de obtenção.

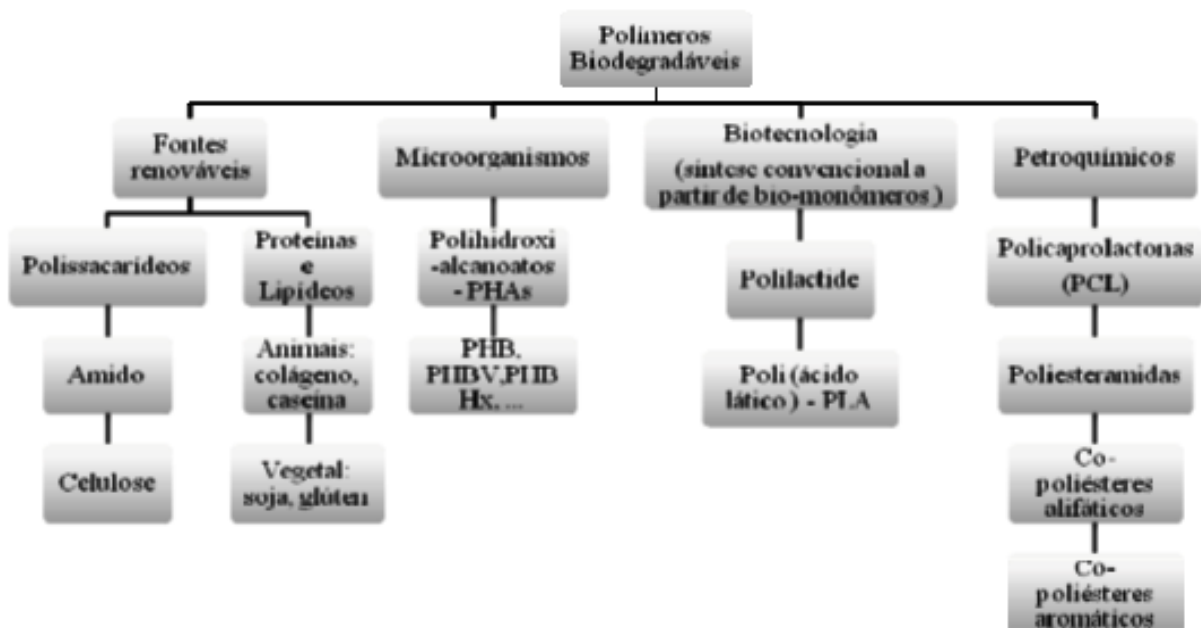


Figura 1: Classificação de alguns polímeros biodegradáveis de acordo com sua fonte de obtenção (In: BRITO et. al.; 2011, p. 129)

Os polímeros biodegradáveis também podem ser classificados em dois grupos principais: naturais e sintéticos.

2.1 POLÍMEROS BIODEGRÁVEIS SINTÉTICOS

Os polímeros biodegradáveis sintéticos são empregados em algumas indústrias, como por exemplo, na biomedicina, como cápsulas para liberação controlada de drogas, suturas, clips para cirurgia, e também para embalagens especiais (PITT, BOING, BARROS, 2011).

Dentre os polímeros sintéticos biodegradáveis encontram-se os poli(α -hidróxi ácidos), os poli(β -hidroxiácidos) e a poli(ϵ - caprolactona), representantes de uma classe de poliésteres alifáticos. Os mais usados têm sido poli(ácido láctico) (PLA), poli(ácido glicólico) (PGA), poli(ácido glicólico-ácido láctico) (PGLA), poli(ϵ -caprolactona) (PCL), que estão representados na figura 2 (BARBANTI; ZAVAGLIA; DUEK, 2005).

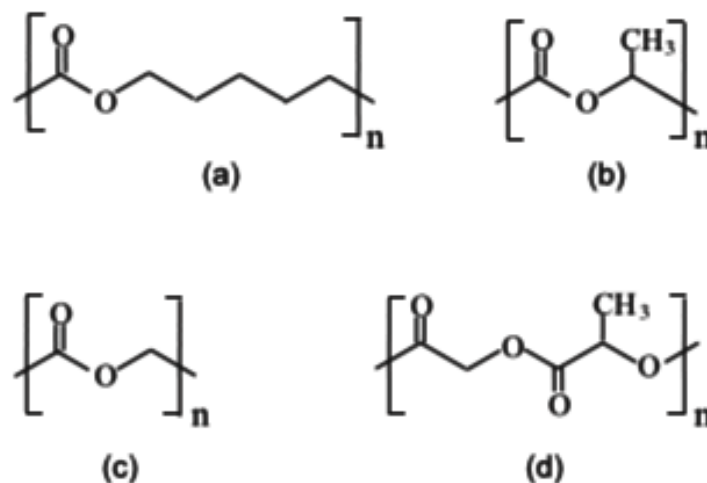


Figura 2: Estrutura química: (a) PCL; (b) PLA; (c) PGA; (d) PGLA (In: FRANCHETTI; MARCONATO, 2006, p. 813)

Os poliésteres alifáticos pertencem a um grupo de polímeros sintéticos que são não-tóxicos e biodegradáveis. Em ambiente aquoso estes polímeros sofrem degradação hidrolítica através da clivagem de ligações éster, dando origem a ácidos hidroxicarboxílicos atóxicos. Pela via do ácido cítrico, estes últimos são metabolizados em dióxido de carbono e água (SEVERINO et. al, 2011).

Fatores como a composição polimérica (proporção dos ácidos DL- láctico e glicólico), a massa molar do polímero, o pH e a força iônica do meio, influenciam na biodegradação

destes poliésteres alifáticos. Se a biodegradação for por meio de ação enzimática, a cadeia polimérica hidrolisável deve se ajustar aos sítios ativos das enzimas. Como as cadeias poliméricas alifáticas apresentam flexibilidade, este ajuste aos sítios enzimáticos é favorecido, o que não ocorre com os poliésteres aromáticos (SEVERINO et. al., 2011; FRANCHETTI; MARCONATO, 2006).

Os PLA, PGA e PGLA são poliésteres que apresentam como grande vantagem sua biodegradabilidade nos fluídos corporais. Sofrem biodegradação pela hidrólise simples da cadeia de éster em meio aquoso. Por isso, são muito empregados em suturas absorvíveis dentro de um sistema vivo. Já o PCL apresenta muitos estudos em que o mesmo se apresenta como matriz para liberação controlada de drogas e como substrato para biodegradação. Este polímero é biodegradado por fungos, através da hidrólise enzimática (COSTA, 2013; FRANCHETTI; MARCONATO, 2006).

2.2 POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS NATURAIS

Segundo Bressanin (2010), os polímeros naturais são formados durante o ciclo de crescimento de organismos vivos e sua síntese frequentemente envolve reações catalisadas por enzimas e reações de crescimento de cadeia a partir de monômeros ativados, os quais são formados dentro das células por processos metabólicos complexos.

2.2.1 – Ácidos Algínicos

Estes ácidos embora solúveis em água, na presença de cátions como cálcio, berílio, alumínio e ferro, tornam-se insolúveis, possibilitando a formação de géis, que podem ser empregados na liberação controlada de drogas em sistemas vivos ou para encapsulamento de herbicidas, microorganismos e células (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006). As estruturas destes ácidos estão apresentadas na figura 3.

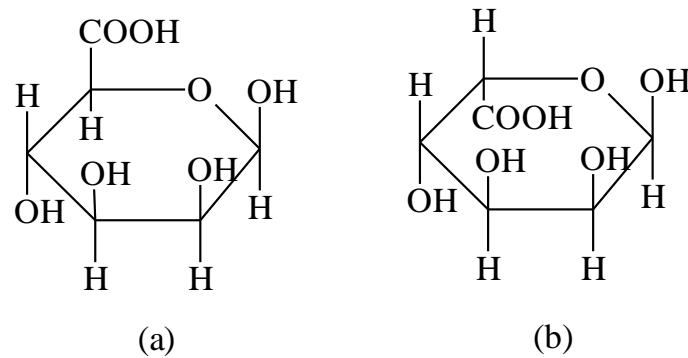


Figura 3: Estruturas dos ácidos algínicos (a) manurônico; (b) gulurônico (In: FRANCHETTI; MARCONATO, 2006, p. 813)

2.2.2 – Peptídeos Naturais

Constituídas por proteínas do tipo animal, as gelatinas são polímeros naturais biodegradáveis com ampla aplicação industrial, farmacêutica e biomédica, sendo utilizados na confecção de hidrogéis e como cobertura e microencapsulação de drogas. Na conformações β das proteínas, a cadeia polipeptídica, denominada de folha β , é mantida por ligações de hidrogênio e estende-se em uma estrutura em zigue zaque (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006) (figura 4)

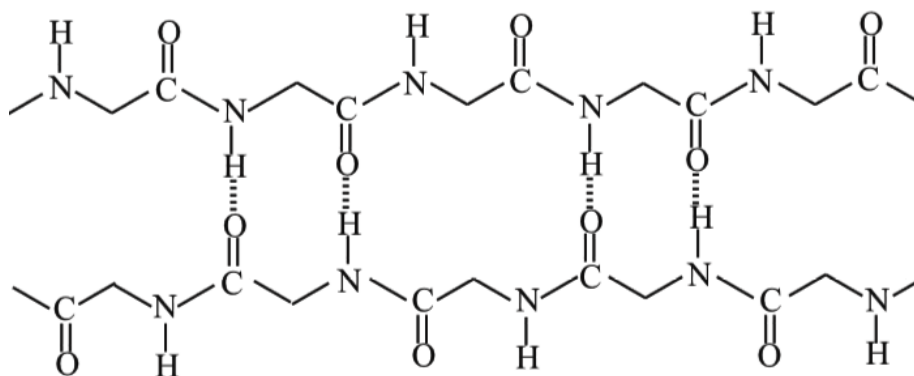


Figura 4: Conformação β dos polipeptídios. (In: FRANCHETTI; MARCONATO, 2006, p. 813)

2.2.3 Polímeros Bacterianos

Segundo Franchetti e Marconato (2006, p. 813), polímeros bacterianos “são poliésteres naturais, que são produzidos por uma grande variedade de bactérias, como materiais de reserva intracelular”.

Pertencem a esta classe de polímeros, os poli(hidroxiálconatos) (PHAs) como o poli(β -hidroxibutirato) (PHB), poli(β -hidroxivalerato)(PHV) e poli(hidroxibutirato-co-valerato)(PHB-V), cujas estruturas estão apresentadas na figura 5.

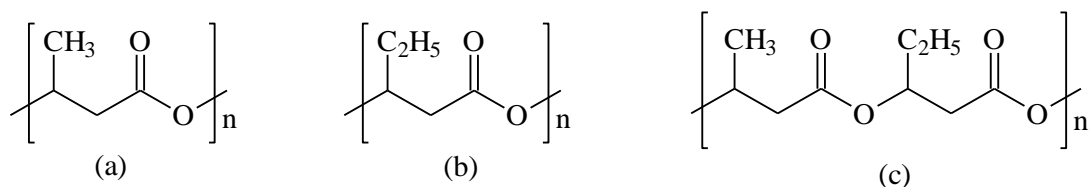


Figura 5: Estrutura química dos poli(hidroxiálconatos (PHAs): (a) polihidroxibutirato, b) poli(hidroxivaletarato e, c) poli(hidroxibutirato-co-valerato) (In: FRANCHETTI; MARCONATO, 2006, p. 813)

2.2.4 – Polissacarídeos

Segundo Brás (2011), os polissacarídeos são glicídios hidrolisáveis que se formam por mais de 10 moléculas de monossacarídeos ligados entre si através de ligações glicosídicas, constituindo longas cadeias lineares ou ramificadas.

A celulose e o amido são os polissacarídeos de maior interesse comercial, mas uma atenção especial tem sido dada a carboidratos mais complexos como a quitina e a quitosana. A celulose (figura 6) vem sendo estudada há mais tempo, enquanto que a quitina e a quitosana (figura 6) são exemplos de biopolímeros obtidos recentemente, portanto estão no começo dos seus estudos (SANTOS, 2012; FRANCHETTI; MARCONATO, 2006).

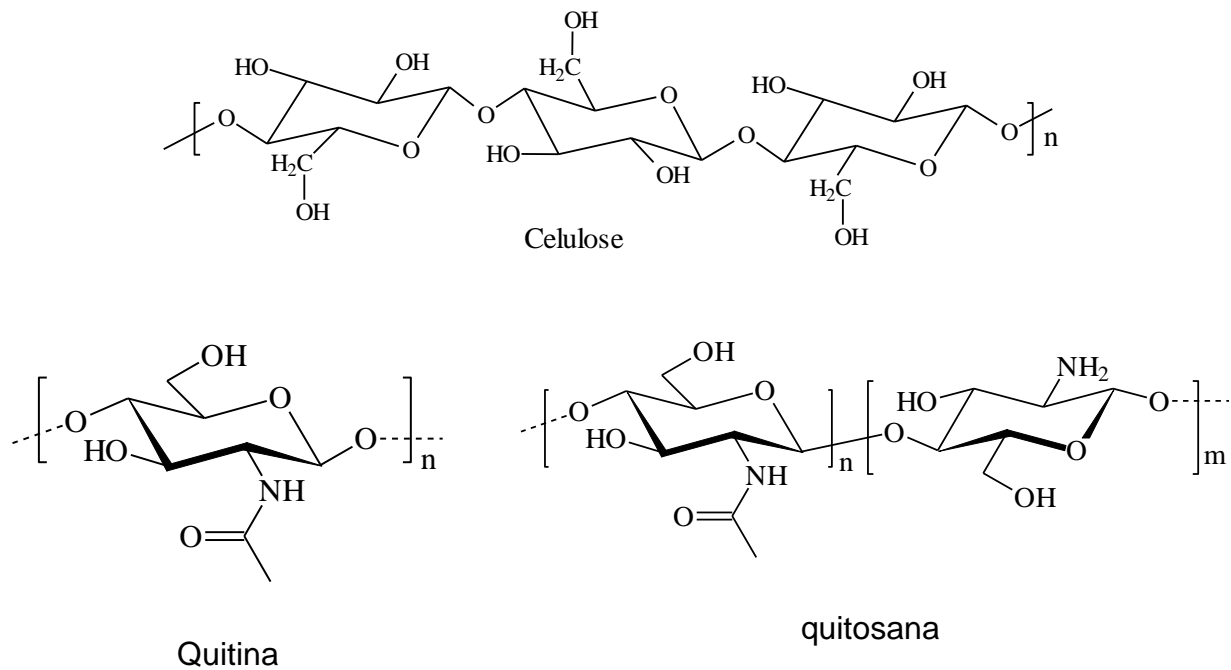


Figura 6: Estrutura da celulose, quitina e quitosana (In: FRANCHETTI; MARCONATO, 2006, p. 812; SILVA, 2006, p. 776)

Os polissacarídeos como a celulose e amido constituem a maioria dos biopolímeros encontrados na natureza. A celulose é incomparavelmente mais abundante que o amido encontrado nas sementes de cereais, em tubérculos e raízes (SOUZA et al., 2009)

De acordo com Pereira et al. (2014), “os polímeros de amido são polissacarídeos, modificados quimicamente ou não, produzidos a partir de amido extraído de milho, batata, trigo ou mandioca”.

3. AMIDO

O mais abundante carboidrato de reservas das plantas superiores é o amido. Este carboidrato está presente nos tecidos sob forma de grânulos intracelulares. Pela legislação brasileira esses polissacarídeos podem ser denominados tanto de fécula quanto de amido. Fécula é denominação das substâncias amiláceas extraídas das raízes, tubérculos e rizomas, enquanto amido é a denominação de substâncias amiláceas extraídas de grãos e cereais (MORAES, 2009).

Nas plantas o amido ocorre sob a forma de grânulos que, dependendo da fonte de procedência, podem apresentar forma e tamanho característicos, podendo variar desde poucos até 100 µm de diâmetro. As diversas formas e diferenças entre alguns tipos de grânulos de amido de diferentes origens estão apresentadas na figura 7 (BRESSANIN, 2010).

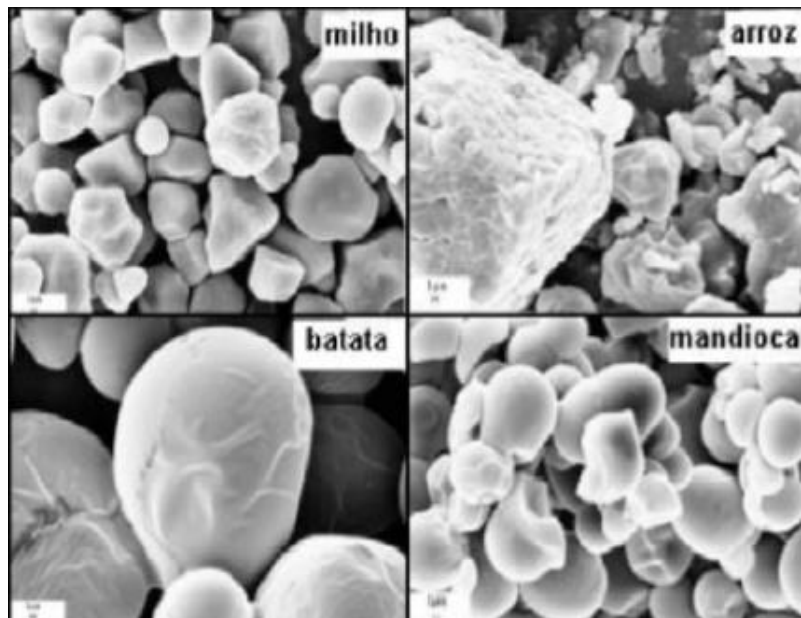


Figura 7: Formas de diversos tipos de grânulos de amido (In:BRESSANIN, 2010, p. 20).

De acordo com Mali; Grossmann; Yamashita (2010), as principais fontes de amido são: milho, batata, trigo, mandioca e arroz. Dentre outras fontes promissoras para obtenção de amido, destacam-se os tubérculos de inhame e os grãos de aveia. O amido de inhame

destaca-se devido ao maior teor de amilose (30%) e o amido de aveia devido ao seu teor de lipídeos, características interessantes e promissoras para o desenvolvimento de filmes.

Quimicamente, o amido é constituído por dois tipos de polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina, que apresentam estruturas diferentes e funcionalidades diferentes (DENARDIN, SILVA, 2008). Esses polímeros se encontram presente nos grânulos de forma associada e em proporções que variam de acordo com a espécie vegetal e maturação, como descrito na tabela 1. A amilose e a amilopectina, devido a suas proporções diferentes influem na viscosidade e no grau de gelatinização (ALEXANDRINO, 2006).

Fonte	Tipo de amido	Forma do grânulo	Diâmetro (µm)	Amilose (%)	Amilopectina (%)
milho	cereal	redondo, poligonal	5-26	28	72
trigo	cereal	redondo	2-10; 20-35	28	72
arroz	cereal	poligonal, angular	3-8	30	70
mandioca	tubérculo	redondo, oval	5-30	14-18	86-82
batata	tubérculo	redondo, oval	15-100	18-20	82-80

Tabela 1: Características de amidos de diversas fontes vegetais (In: BRESSANIN, 2010, p. 21)

A amilose é uma macromolécula constituída por unidades de D-glicose ligadas por ligações glicosídicas α -(1→4), dando origem ao polímero de cadeia linear (figura 8) (SHIMAZU, MALI, GROSSMANN, 2007). A macromolécula possui número médio de grau de polimerização de 500-5000 unidades de resíduos de glicose e peso molecular da ordem de 250.000 Daltons (1500 unidades de glicose), podendo variar muito entre as espécies de plantas e até mesmo dentro da mesma espécie, de acordo com o grau de maturação da planta. Amilose proveniente de cereais são menores do que as provenientes de tubérculos e leguminosas (DENARDIN, SILVA, 2008).

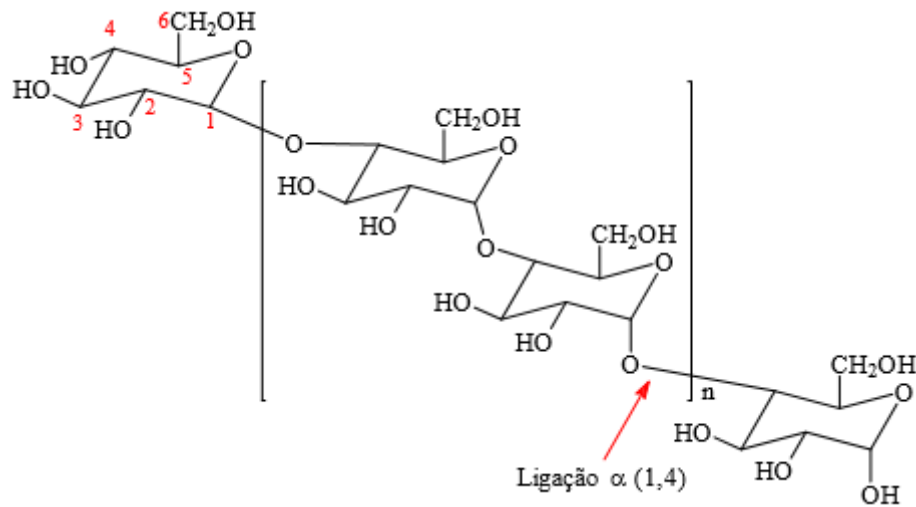


Figura 8: Estrutura molecular da amilose (In: BRESSANIN, 2010, p. 21)

A amilopectina é uma macromolécula menos hidrossolúvel que a amilose, apresentando uma parte linear e uma ramificada. É composta por ligações α -(1→4) nas porções lineares, e apresenta unidade de glicose com um alto nível de ligações cruzadas α -(1→6) entre um grupo hidroxila de uma cadeia de glicose e o carbono seis de outra cadeia de glicose (figura 9). Apresenta um grau de polimerização de 4700 a 12.800 unidades de glicose e peso molecular de 50 a 500 x 10⁶ Daltons (BASTOS, 2010; DENARDIN, SILVA, 2008).

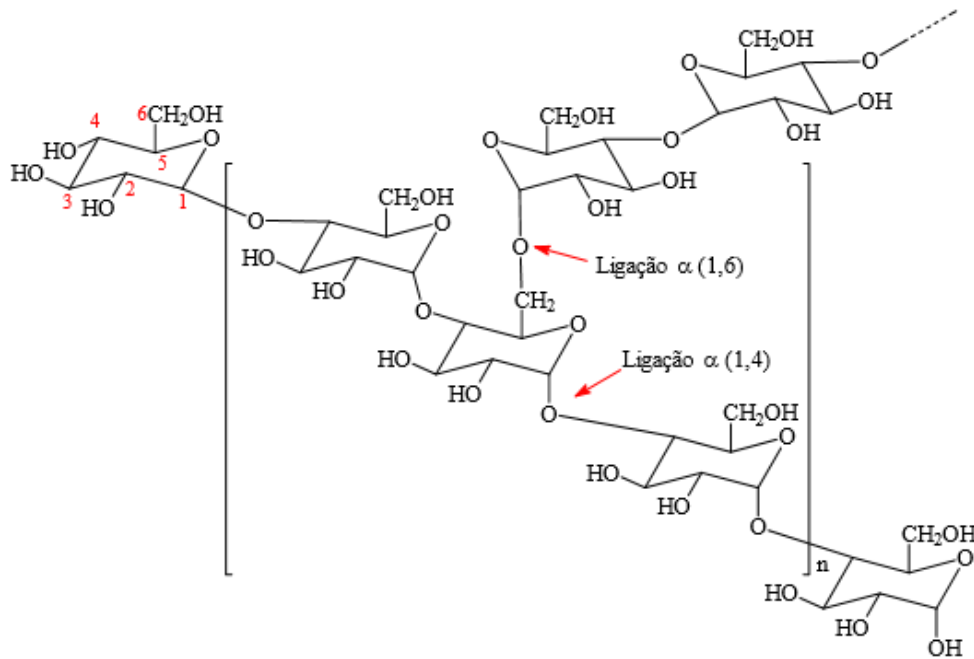


Figura 9: Estrutura molecular da amilopectina (In: BRESSANIN, 2010, p. 22)

A amilopectina pode encontrar-se na região cristalina e amorfa dos grânulos. A região cristalina está relacionada com a parte linear da amilopectina, que forma estruturas helicoidais duplas, estabilizadas por ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxilas. Já a região amorfa dos grânulos é formada pelas cadeias da amilose e pelas ramificações da amilopectina. Essa característica é responsável pela estrutura semicristalina dos grânulos de amido (BRANDELERO, 2010; MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

3.1 FILMES DE AMIDO

A preparação de filmes a partir do amido está baseada nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis e na sua eficácia para formar filmes (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

Para obtenção de filmes a base de amido, sua estrutura granular precisa ser destruída para dar origem a uma matriz polimérica homogênea e essencialmente amorfa. A obtenção dessa matriz amorfa é obtida pela gelatinização feita pelo aquecimento do amido nativo em presença de um plastificante, como água. O processo de gelatinização do amido pode ser definido como fenômeno irreversível, pois consiste na perda da

estrutura cristalina do amido, favorecendo a sua solubilização. Nesse processo ocorre a conversão do amido em um material termoplástico (DEBIAGI et al, 2012; BRITO, 2011).

Ao se aquecer a solução de amido ocorre o rompimento das ligações de hidrogênio, e as moléculas de água passam a se ligar aos grupos hidroxilas do amido, possibilitando a penetração de água entumescendo os grânulos, adquirindo um tamanho maior que o original (ARIETA, 2014). A figura 10 esquematiza as alterações dos grânulos de amido em suspensão submetidos a processos térmicos.

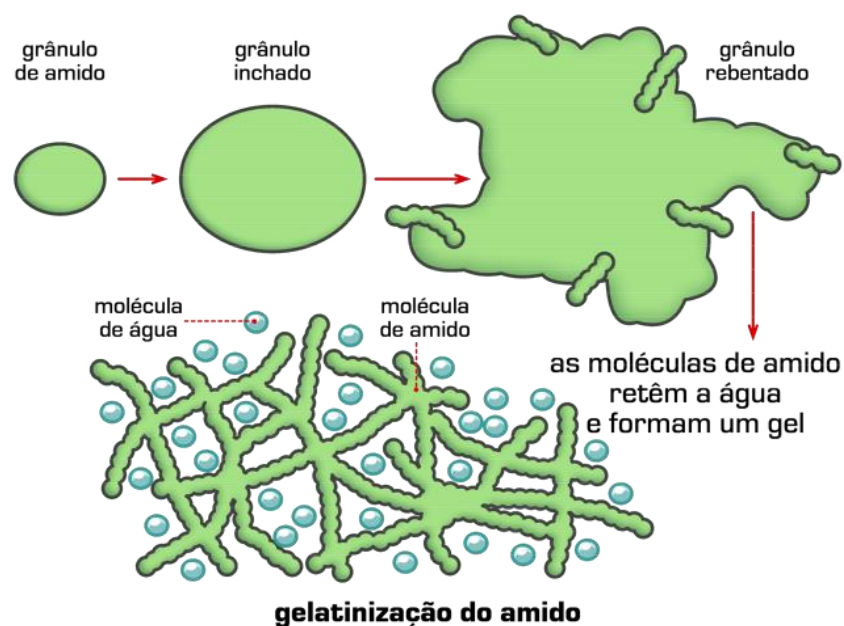


Figura 10: Alteração dos grânulos no processo de gelatinização (In: COELHO, OLIVEIRA, 2014, p2).

A origem do vegetal do amido também influencia na temperatura em que se deve ocorrer a gelatinização. Apresentam-se na tabela 2, as temperaturas de gelatinização de algumas fontes de amidos. O menor valor refere-se à temperatura em que o grânulo inicia o intumescimento (início do processo) e o maior valor à temperatura na qual os grânulos foram completamente gelatinizados, ou seja, ocorreu o processo de gelatinização (DA RÓZ, 2004).

Amido	Milho	Trigo	Arroz	Mandioca	Batata
Temp. de Gelatinização (°C)	62 – 72	58 - 64	68 - 78	49 - 70	59 - 68

Tabela 2: Temperatura de gelatinização de algumas fontes de amido (In: BRESSANIN, 2010, p. 24).

Fatores como o tamanho, a proporção, o tipo de organização cristalina e a estrutura do grânulo do amido estão relacionados as propriedades de gelatinização (GONÇALVES, 2007).

Após a gelatinização, as moléculas de amilose, devido possuir a cadeia linear, tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para formar ligações de hidrogênio entre as hidroxilas de polímeros adjacentes. O amido gelatinizado pode formar filmes estáveis e flexíveis devido a diminuição de volume e a redução de afinidade do polímero pela água (SANTOS, 2009; MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

O desenvolvimento de filmes biodegradáveis pode ser feito pela técnica de *casting*, em que os grânulos de amido são gelatinizados com excesso de água e plastificante. A solução filmogênica formada é em seguida aplicada sobre um suporte, sendo seca pela evaporação do solvente. É durante a secagem que a amilose e a amilopectina se reorganizam, levando à formação de uma matriz contínua que origina os filmes (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010; DEBIAGI et al, 2012)

4. FIBRAS

De acordo com a sua morfologia as fibras são classificadas em naturais e artificiais. As fibras artificiais, também denominadas de sintéticas, são fibras que passam por tratamento químico, sendo classificadas em metálicas, poliméricas e cerâmicas. Já as fibras naturais são aquelas encontradas na natureza e utilizadas *in natura* ou após beneficiamento, sendo classificadas em: animal, vegetal e mineral (GUIMARÃES, 2010; IZQUIERDO, 2011). Na figura 11 está apresentada a classificação das fibras.

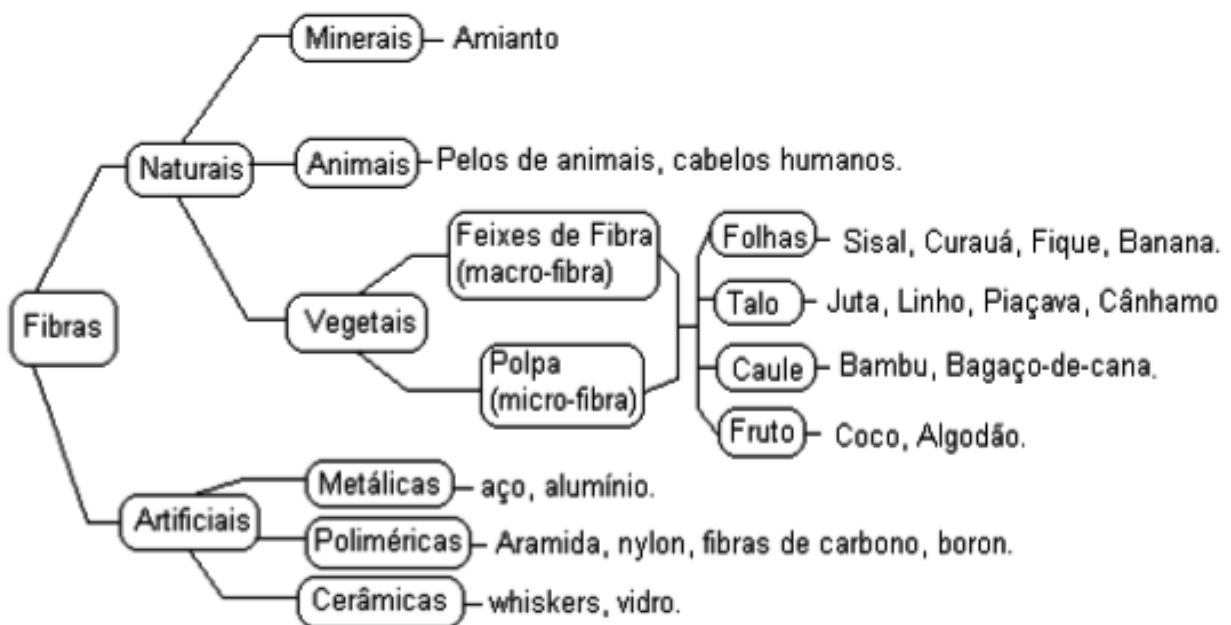


Figura 11: Classificação das fibras. (In: IZQUIERDO, 2011, p. 9)

Como pode ser observado na figura 11, as fibras vegetais diferem entre si por serem retiradas de diferentes partes da planta, como por exemplo, do caule (malva, bagaço de cana-de-açúcar, bambu), do talo (juta, linho, cânhamo), das folhas (sisal, bananeira, abacaxi, curauá) e do fruto (algodão, coco verde e maduro). Contudo, todas são constituídas basicamente por três componentes: celulose, lignina e polioses (GUIMARÃES, 2010; IZQUIERDO, 2011).

As fibras são instituídas de forma distintas como, por exemplo, as minerais são formadas por cadeias cristalinas com grande comprimento, enquanto as fibras de origem animal

têm cadeias protéicas e as vegetais, como já discutido acima, apresentam natureza celulósica (IZQUIERDO, 2011).

Há certo destaque na utilização de fibras naturais de origem vegetal em razão da enorme variedade de plantas disponíveis na biodiversidade, passíveis de serem pesquisadas e por serem uma fonte de recursos renováveis. Em todos os países há produção de várias dessas fibras naturais vegetais, as quais são usualmente designadas como materiais lignocelulósicos (MARINELLI et al., 2008; SILVA et al., 2009).

De acordo com Silva et al. (2009, p. 661), “algumas fibras ocorrem espontaneamente na natureza, outras são cultivadas como atividade agrícola e ainda há aquelas que são resíduos gerados, principalmente, pela agroindústria”.

4.1 FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS

Essa classe de fibras é composta principalmente por microfibrilas de celulose que são mantidas coesas por uma matriz amorfa constituída de lignina e hemicelulose (figura 12), cuja incumbência é agir como barreira natural à degradação por microorganismos e servir como proteção mecânica. Pode-se encontrar também nessa classe de fibras, compostos inorgânicos e moléculas que podem ser extraídas com solventes orgânicos como pectinas, carboidratos simples, terpenos, alcalóides, saponinas, polifenólicos, gomas, resinas, gorduras e graxas (GEHLEN, 2014; SILVA et al., 2009).

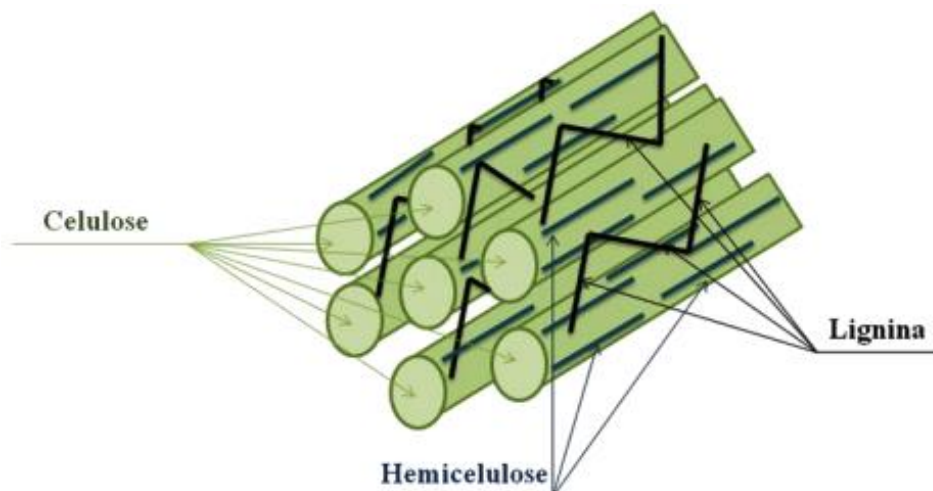


Figura 12: Estrutura de uma fibra vegetal (In: FILHO, 2011, p. 17).

Como as fibras lignocelulósicas podem ser retiradas de diversas partes da planta, a quantidade de celulose, lignina e hemicelulose varia dependendo da fonte em que a mesma é obtida (tabela 3) (RAZERA, 2006).

Fibra	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)
Coco	36 – 53	0,15 - 0,25	39 – 49
Cana de açúcar	40	35	15
Sisal	51 – 78	12	7 – 14
Juta	61 – 73	13 - 20	12 – 13
Algodão	79 – 87	3 - 10	4 – 6

Tabela 3: Composição química das fibras naturais (In: PIRES, 2009, p.8; TEXEIRA; PIRES; NUNES, 2007, p. 3).

A celulose (figura 13) é o principal componente estrutural das fibras lignocelulósicas e fornece força e estabilidade para as paredes celulares e à fibra como um todo. Sua unidade repetitiva é constituída de duas moléculas de glicose esterificadas por ligações β -1,4 glicosídicas. Esta unidade repetitiva é designada de celobiose e contém seis grupos hidroxilas que formam ligações de hidrogênio intra e intermolecular, havendo em consequência disto, uma forte tendência da celulose formar cristais, que a tornam totalmente insolúvel em água e na grande parte dos solventes orgânicos. A molécula pode ter áreas ordenadas (celulose cristalina) e outras áreas de estruturas desordenadas (celulose amorfa). A presença de áreas cristalinas e amorfas é responsável por algumas variações de comportamento físico (CASTRO, 2009; SILVA et al., 2009).

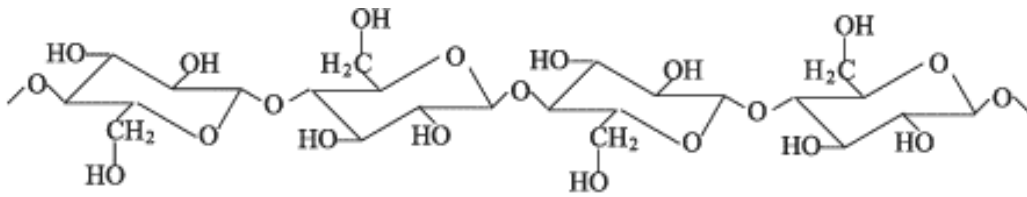


Figura 13: Estrutura da Celulose (In: FRANCHETTI; MARCONATO, 2006, 812).

O termo hemicelulose (ou poliose) refere-se ao grupo de polissacarídeos de cadeia ramificada e baixa massa molecular, que estão presentes exercendo a função de agente de ligação entre a celulose e a lignina nas paredes das plantas. Apresenta uma configuração irregular e ausência de cristalinidade, contribuindo para o aumento de flexibilidade das fibras e também para o aumento da área específica ou de ligação das fibras (BENEDETTO, 2015).

A hemicelulose é constituída de vários monossacarídeos polimerizados, contendo carboidratos de cinco carbonos, como a xilose e arabinose, carboidratos de seis carbonos, como galactose, glucose e manose, ácido 4-O-metil glucurônico e resíduos do ácido galactorônico (SILVA et al., 2009). A composição da hemicelulose depende do tipo de planta, sendo classificadas em xilanas, glucomanas e galactanas, de acordo com os açúcares presentes na cadeia principal do polímero. A hemicelulose do bagaço de cana, por exemplo, é constituído de xilanas (figura 14), um homopolímero unido por ligações β -1,4 de xilose, podendo estar ligados à cadeia principal a arabinose, galactose, ácido 4-O-metilglucurônico e grupos acetilados (MORAES, 2010).

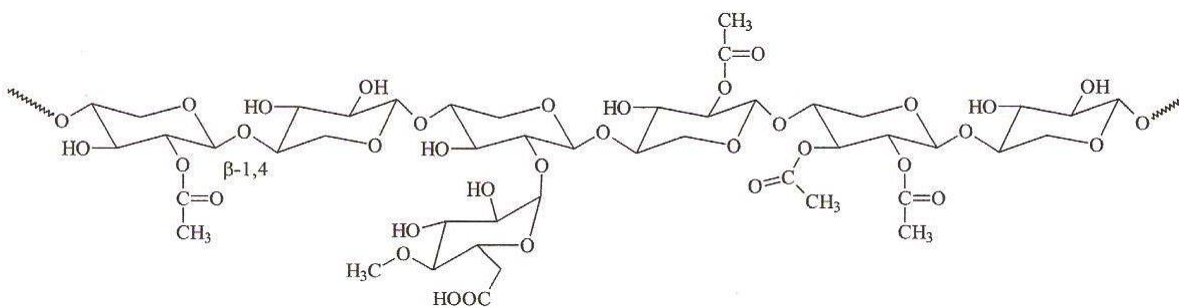


Figura 14: – Estrutura da O-acetil-(4-O-metilglucurônico)-xilana (In: MORAES, 2009, p. 22)

Considerado o segundo componente mais abundante presente nas plantas, a lignina (figura 15) possui uma estrutura tridimensional polifenólica, altamente ramificada,

composta por várias unidades de fenilpropano, que pode conter grupos hidroxila e metoxila como substituintes no grupo fenil. A presença da lignina na fibra determina o aumento da rigidez da parede celular, pois atua como agente fixador entre as células. É considerada um material amorfo, com alta massa molar e possui comportamento hidrofóbico, o que auxilia na redução da permeabilidade da parede celular (ALVES, 2011; SILVA et al., 2009).

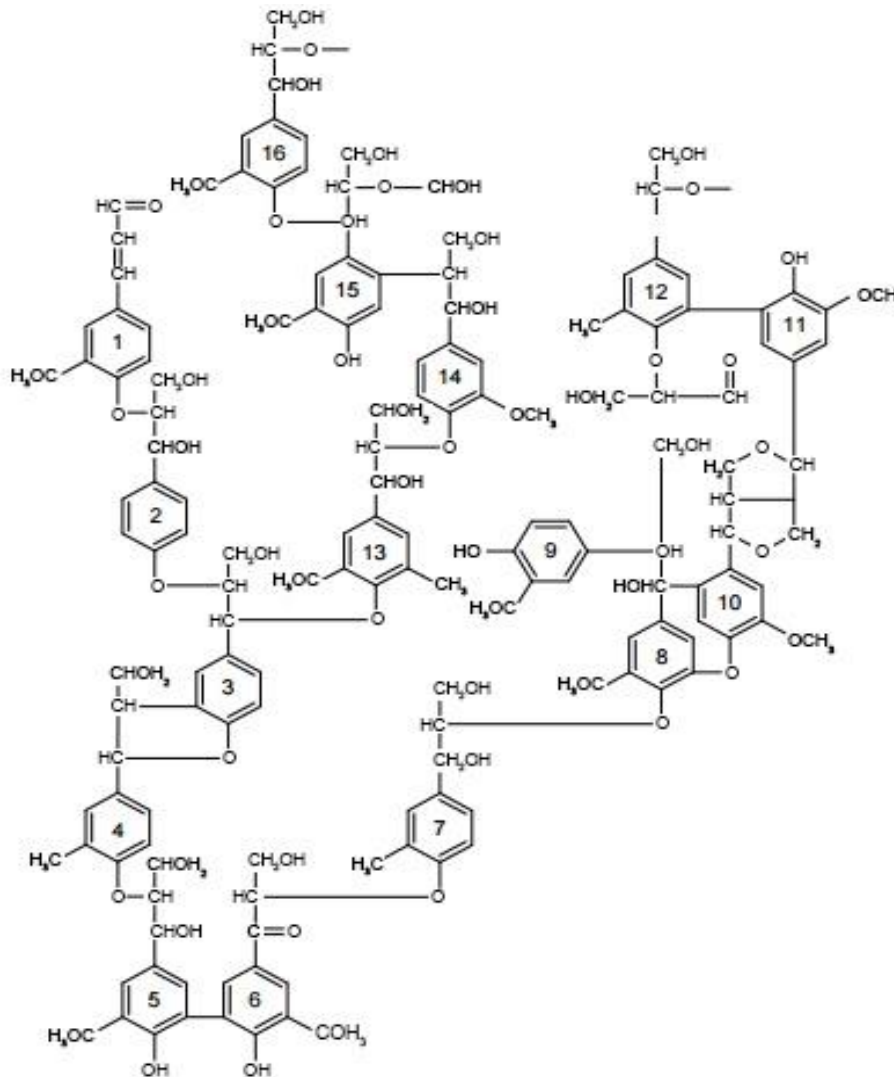


Figura 15: Estrutura química hipotética da lignina (In: ALVES, 2011, 34).

Na classe lignocelulósica destacam-se as fibras de sisal, bambu, coco, cana-de-açúcar e bananeira. Estes tipos de fibras, além de serem abundantes e de fácil acesso, apresentam como maior vantagem o reduzido consumo de energia para a sua produção, quando comparado às fibras sintéticas (BARBOSA, 2011).

4.2. FIBRA DE COCO

A fibra de coco pertence à classe lignocelulósica por ser principalmente composta por celulose e lignina. Sua obtenção se dá através do subproduto da agroindústria ou do rejeito pós-consumo da fruta *in natura*. A fibra é extraída do mesocarpo fibroso da fruta, podendo também ser extraída do endocarpo. A visualização acontece quando se parte o coco na seção transversa da fruta (figura 16) (MARTINS et al., 2013).



Figura 16: Corte longitudinal do coco e suas partes (In: RAZERA, 2006, p.8)

A fibra do coco quando comparada às outras fibras vegetais, tem menor percentual de celulose (36 a 43%), entretanto, a quantidade de lignina (41 a 45 %) representa dois a quatro vezes os valores existentes em outras fibras, como por exemplo, o sisal. A lignina encontrada em maior percentual confere uma maior resistência e rigidez à fibra do coco (BENINI, 2011; MARTINS et al., 2013). De acordo com LEITE et al. (2010), “as fibras de coco verde apresentam baixa densidade, não-abrasividade e biodegradabilidade”.

A fibra de coco verde de frutos de 7 a 8 meses de idade é classificada como fibra branca longa e os valores médios de suas propriedades físico-químicas estão apresentadas na tabela 4 (SILVA; JERÔNIMO, 2012).

Propriedades	Valores
pH	5.4
Densidade	70 g/L
Porosidade	95.60%
Retenção de água	538 mL/L

Tabela 4: Valores médios das principais propriedades da fibra de coco verde (In: adaptado de SILVA; JERÔNIMO, 2012, p. 2.196)

A fibra de coco destaca-se por apresentar alta disponibilidade no país, baixo custo e propriedades físico-químicas adequadas à confecção de diversos produtos dentre ele, cordas, escovas, tapetes, estofamentos automotivos, reforço em compósitos, entre outros. A utilização da fibra de coco é importante, pois diminui a quantidade de resíduos e apresenta um processo barato, natural e renovável quando trabalhado para a obtenção de compósitos (CASTILHOS, 2012).

4.3 RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS COMO REFORÇO EM EMBALAGENS DE AMIDO

O emprego de fibras vegetais naturais em substituição as fibras sintéticas como reforço de compostos poliméricos tem sido bastante promissor, pois além de melhorar a biodegradabilidade e as propriedades mecânicas, reduz o impacto ambiental, o custo para a produção destes compostos e não são abrasivas aos equipamentos de processamento (CAMPOS et al., 2011; LEITE et al., 2010; SILVA; JERÔNIMO, 2012).

As fibras vegetais estão entre os materiais de reforço mais estudados em matrizes poliméricas de amido. A introdução destas fibras às matrizes poliméricas leva à formação de compósitos, ou seja, materiais formados por dois diferentes constituintes, que possuem propriedades diferentes das obtidas a partir dos mesmos componentes puros (MARENCO; VERCELHEZE; MALI, 2013).

De acordo com Debiagi et al. (2012, p. 61), “compósitos resultantes da adição de fibras vegetais (juta, coco, banana, bagaço de cana-de-açúcar, etc.) a matrizes poliméricas de amido são chamados de “biocompósitos” e são considerados totalmente biodegradáveis”.

As fibras são adicionadas as matrizes de polímeros biodegradáveis com a finalidade de aumentar a resistência à umidade e a flexibilidade dos materiais, havendo diversos estudos que confirmam que a utilização de fibras vegetais melhora as propriedades físicas e mecânicas de embalagens à base de amido (SOUZA et al., 2009; MULLER; LAURINDO; YAMASHITA, 2009; GUIMARÃES et al., 2010).

As propriedades dos compósitos poliméricos dependem de alguns fatores, dentre eles, a interação fibra-matriz. Para aumentar esta interação, uma das alternativas é modificar química ou fisicamente as fibras antes que as mesmas sejam incorporadas na matriz polimérica. Por removerem impurezas superficiais, tratamentos químicos como o alcalino com NaOH levam a uma superfície rugosa das fibras, intensificando a adesão fibra-matriz e, melhorando conseqüentemente, as propriedades mecânicas dos compósitos (CAMPOS et al., 2011; LEITE et al., 2010).

Silva et al. (2008) verificaram que a alta hidrofiliabilidade das fibras naturais diminui a adesão interfacial da mesma com a matriz. Para solucionar este problema foi realizada a modificação da fibra por meio de acetilação. Compósitos de poli(ϵ -caprolactona) e fibra de coco verde modificadas e não modificadas foram estudados e a análise morfológica confirmou que as fibras modificadas apresentam superfície com maior rugosidade, diminuindo sua hidrofiliabilidade, aumentando adesão matriz-fibra.

Rosa et al. (2009) submeteram fibras de coco imaturo a três tipos de pré-tratamento (simples lavagem com água, mercerização e branqueamento) e incorporaram em blendas de amido e EVOH. Os estudos indicaram que blendas reforçadas com fibras tratadas por mercerização obtiveram os melhores resultados, visto que a tensão na ruptura aumentou em até 53%, em comparação aos materiais reforçados com fibras não tratadas, e em até 33,3%, quando comparada às blendas puras.

Campos et al. (2011) incorporaram fibras de sisal em blenda de amido termoplástico/policaprolactona 80/20 (TPS/PCL). As fibras receberam quatro tipos de tratamento: fibra lavada com água, lavada com cicloexano/etanol, tratamento alcalino (NaOH) e tratamento com peróxido alcalino (branqueamento), com a finalidade de melhorar as interações interfaciais entre a fibra e a matriz, e conseqüentemente, melhorar

suas propriedades mecânicas. Os resultados indicaram que os compósitos com a fibra branqueada apresentaram os melhores resultados de resistência à tração e estabilidade térmica, além da melhora da adesão fibra-matriz.

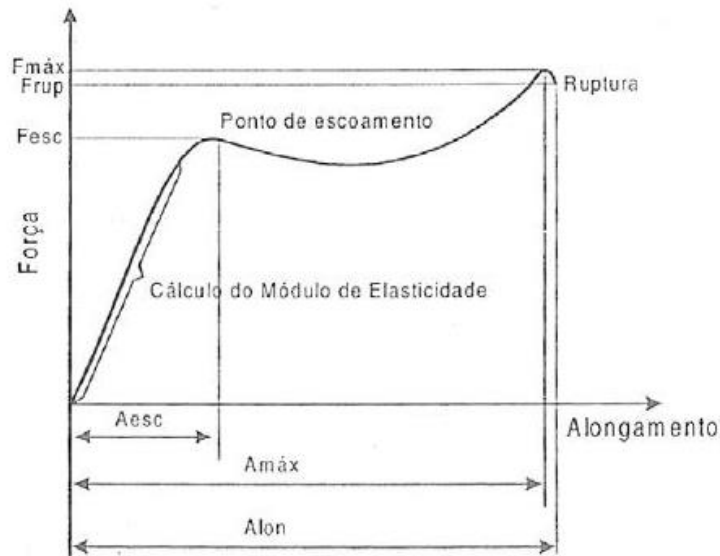
5. MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS

5.1 ESPESSURA

A espessura dos filmes é uma avaliação dimensional utilizada para verificar se o filme irá cumprir as funções de conter e proteger um produto quando for usado como embalagem. Por meio da determinação da espessura é possível avaliar a homogeneidade de um filme. Variações na espessura de um material implicam em um problema no seu desempenho mecânico e perda de barreira, que comprometem o desempenho da embalagem. A medida da espessura deve ser realizada em um micrometro analógico ou digital (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

5.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS DE TRAÇÃO

As propriedades mecânicas de tração são úteis para identificação e caracterização de filmes e expressam a resistência do material a deformação. O ensaio de tração de um filme é feito pela separação, a uma velocidade constante, de duas garras que prendem a extremidades de um corpo de prova, registrando-se ao longo do ensaio a força ou a resistência que o material oferece a deformação. A figura 17 apresenta uma curva característica da relação de tensão de tração versus deformação, onde podem ser calculados a Resistência Máxima a Tração, Alongamento na Ruptura e Módulo de Young (SARANTÓPOULOS et al., 2002).



$F_{máx}$ = força máxima
 F_{rup} = força na ruptura
 F_{esc} = força no ponto de escoamento

A_{lon} = alongamento no ponto de ruptura
 $A_{máx}$ = alongamento na máxima força
 A_{esc} = alongamento no ponto de escoamento

Figura 17: Curva característica de tensão de tração x deformação (In: SARANTÓPOULOS et al., 2002, p. 140)

A resistência máxima a tração é a resistência máxima oferecida pelo material quando submetido a tração. É a relação entre a força medida pela área transversal inicial do corpo de prova e é expressa em MPa ou N/m^2 . De forma geral a resistência a tração é medida no ponto de ruptura, também chamada de Força Máxima de Tração na Ruptura. O Alongamento na Ruptura ou percentagem de alongamento indica quanto o material conseguiu alongar até o momento da ruptura. É medida pela relação entre o alongamento do corpo de prova e seu comprimento inicial, no momento da ruptura (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

O Módulo de Elasticidade ou Módulo de Young é a relação entre a tensão de tração e a deformação na região linear da curva, ou seja, na região em que a resposta do corpo de prova ao alongamento é crescente e proporcional a deformação imposta. É considerada uma das propriedades mais importantes, pois está relacionada com a rigidez do polímero, sendo que, quanto maior o valor apresentado, mais rígido o polímero. O valor final dessa propriedade é obtido pela inclinação da curva a baixas deformações, ou seja, uma medida da razão entre a tensão aplicada e a deformação (JUNIOR, 2006; DALCIN, 2007).

5.3 PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

Permeabilidade é definida segundo a norma ASTM E96-95 como a taxa de transmissão de vapor de água através da conformidade de área do material plano, a uma determinada espessura, induzida pela diferença de pressão de vapor entre duas superfícies específicas, sob condições de temperatura estabelecidas. A análise de permeabilidade ao vapor de água (PVA) tem o objetivo de avaliar a difusão do vapor através dos filmes produzidos. Essa é medida da facilidade com que um determinado material é penetrado pelo vapor de água (OLIVEIRA, 2015; MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

5.4 ISOTERMAS DE SORÇÃO

A isoterma é uma análise que fornece informações detalhadas da interação entre atividade de água e a umidade de determinado produto, ou seja, é o equilíbrio da umidade de uma amostra em uma determinada temperatura. As isotermas podem variar por conta de diferentes intervenções entre a água e os componentes sólidos e com umidade diferentes presentes em cada produto. A composição química, estrutura física e os estados dos ingredientes podem influenciar no formato da isoterma (VÉLEZ et al., 2011; ISOTTON, 2013). A figura 18 apresenta o gráfico de isoterma de sorção de filmes de amido de mandioca plastificados com diferentes teores de glicerol, em um estudo realizado por Shimazu; Mali e Grossmann (2007). O referido gráfico esboça a umidade de equilíbrio com a atividade de água.

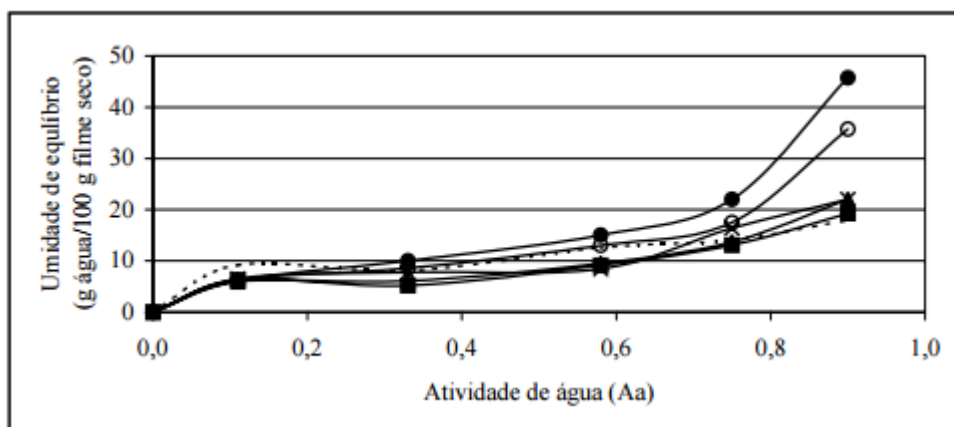


Figura 18: Esboço do gráfico da isoterma (In: Shimazu; Mali e Grossmann, 2007, p. 83).

A temperatura tem que ser especificada e mantida constante durante análise, pois afeta sobre a atividade de água e as mobilidades das moléculas (VÉLEZ et al., 2011).

6. BIODEGRADAÇÃO: UM TEMA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

A química tem uma base que se resume em três eixos fundamentais: transformações químicas, materiais e propriedades, e modelos (PEREIRA, 2014). O aluno quando está cursando o ensino médio, deve ganhar uma compreensão dos processos químicos em estreita relação com suas aplicações tecnológicas, ambientais e sociais, podendo tomar decisões de maneira responsável e crítica, bem como emitir juízos de valores, em nível individual ou coletivo (CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO).

O aprendizado de química não é memorizar fórmulas, decorar conceitos e resolver um grande número de exercício. Aprender química resume-se em entender como essa atividade humana tem se desenvolvido ao longo dos anos, como os seus conceitos explicam os fenômenos que nos rodeiam e como podemos fazer uso de seu conhecimento na busca de alternativas para melhorar a condição de vida do nosso planeta (SANTOS et al., 2008).

O currículo de química tem sido voltado para memorização e descrição, buscando mais a classificação e o enquadramento do que é a integração e a articulação entre as disciplinas (RIBEIRO; FANTINEL; RAMOS, 2012). A proposta curricular de química do estado de São Paulo, lançada em 1978, tem como principal foco a necessidade do uso de laboratório nas escolas, além de destacar a importância da compreensão do processo de produção do conhecimento científico e o cotidiano como um critério para a seleção dos conteúdos, sendo a contextualização no ensino de química discutida por muitos autores com base nos parâmetros curriculares nacionais. O desenvolvimento de novas metodologias como jogos educativos, recursos didáticos, analogias, utilização de vídeos e experimentação vem sendo discutida para a melhor aprendizagem do aluno (SANTOS; AQUINO; GUEDES, 2011; CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO).

Utilizar diferentes estratégias pedagógicas é um compromisso com a melhoria do processo de ensino e aprendizagem em Química justificando a necessidade do professor, uma vez que este processo acontece com a sua prática em sala de aula. No ensino médio uma forma de abordagem de conceitos químicos é através da construção e uso de mapas conceituais, que evidenciam significados, assim sendo um modelo que mostra as relações

significativas entre os conceitos mais importantes, tendo um determinado assunto como tema central (GALÃO et al., 2003).

Segundo Pontes et al. (2008), os alunos do ensino médio tem a aprendizagem de química para possibilitá-los a capacidade de associar os conteúdos que o docente vem ministrando ao longo do ano letivo com sua realidade local para que possam julgar, com fundamentos, as informações adquiridas na mídia, na escola, com pessoas etc. O aluno, com essa condição tomará sua decisão e, dessa forma, interagirá com o mundo enquanto indivíduo e cidadão.

Alunos do 2º ano do Ensino Médio têm como parte da matriz curricular o aprendizado de biodegradação, que podem ser abordados por inúmeras aulas teóricas, práticas e até mesmo com jogos lúdicos, buscando lembrar que a ludicidade também é importante para o processo de aprendizagem, sendo que os jogos lúdicos apresentam perguntas referentes ao conteúdo da aula (ALMEIDA; FALCÃO, 2012).

Neste contexto, o tema polímeros biodegradáveis, além de fazer parte da matriz curricular do ensino médio também está diretamente ligado ao cotidiano do aluno, podendo ser abordado na forma de aulas teóricas, jogos lúdicos ou através de experimentos. A experimentação, abordando temas do cotidiano é uma estratégia eficiente, visto que se estabelece uma relação entre o que o aluno já sabe e aquilo que o aluno está começando a aprender, o que torna o processo de aprendizado mais significativo (GUIMARÃES, 2009).

Desta forma pode-se abordar com os estudantes do ensino médio, através de aulas teóricas, a importância dos polímeros para os dias atuais, assim como seus impactos ambientais, uma vez que a grande maioria desses compostos levam muitos anos para se biodegradar. Como a biodegradação nos polímeros convencionais é lenta, seu descarte inadequado gera uma enorme quantidade de resíduos sólidos, que por sua vez podem levar a um desequilíbrio ambiental (COSTA, et. al, 2015). Polímeros que não podem ser reciclados permanecem indefinidamente em aterros sanitários ou necessitam de tratamento especial, como a incineração, pois seu impacto não se limita somente ao solo (NEVES; PIRES, 2011).

Uma vez discutido o impacto ambiental que os polímeros convencionais podem causar, pode-se abordar a importância dos produtos biodegradáveis para o meio ambiente, visto que os mesmos são materiais de decomposição natural, que se decompõem com apoio

de bactérias e de fungos, tendo como maior benefício a decomposição completa e bem mais rápida (VICENTI, 2014, SAEMI, 2014). Após esta abordagem é possível apresentar a figura 19, que descreve de forma simplificada a biodegradação de restos de arroz (rico em amido) e citar que o amido é um polímero natural.

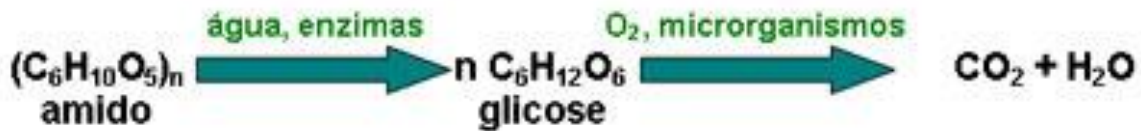


Figura 19: Reação de hidrólise e respiração (In: CARVALHO, 2008, p. 1).

Depois se pode apresentar diversos outros exemplos de polímeros biodegradáveis e discutir que as pesquisas neste setor estão cada vez mais intensas, e que estes polímeros apresentam um futuro promissor, não apenas em relação a parte ambiental, como também do desenvolvimento de novas tecnologias, com grande enfoque na área médica. Pode-se ainda abordar que a produção e o desenvolvimento destes polímeros, em comparação com os polímeros convencionais, ainda são elevados, sendo esta uma das desvantagens na produção destes materiais (OLIVEIRA et al. 2014).

É possível discutir que alguns produtos, como por exemplo, produtos de limpeza e os plásticos produzidos a partir de óleo vegetal, são biodegradáveis. Esses utilizam compostos naturais e se decompõem facilmente na natureza, já as pilhas e baterias por serem descartáveis, acabam trazendo uma frequente incidência de agressão à natureza devido aos metais pesados na sua composição e não terem composição biodegradável. Por esses motivos, o descarte de tais produtos deve acontecer em lugares adequados para que não afete o meio ambiente (CLEIDE, 2013).

Outro assunto que pode ser abordado é a influência da cadeia carbônica na biodegradabilidade dos detergentes. Estes materiais quando apresentam cadeias ramificadas não são biodegradáveis. Assim, substituir a cadeia ramificada por cadeias lineares é uma forma de melhorar a biodegradabilidade dos mesmos. Detergentes não-biodegradáveis se acumulam nos rios, formando uma camada de espuma que bloqueia a entrada de gás oxigênio na água, devido as enzimas presentes na água não reconhecem

as moléculas de cadeias ramificadas, presente nesses detergentes, o que impossibilita sua biodegradação (KIRCHMAYER, 2015).

Outra atividade que pode ser desenvolvida é sugerir aos alunos uma pesquisa sobre a aplicação dos polímeros naturais no cotidiano e depois realizar um estudo dos rótulos dos alimentos que apresentam biopolímeros em sua composição. Polímeros como amido, quitosana, xantana e gelana são componentes de vários alimentos, e isto possibilita uma abordagem temática para o conteúdo: polímeros naturais. A partir da análise dos componentes presentes nos rótulos dos alimentos é possível desenvolver uma aula sobre os polímeros biodegradáveis, descrevendo sua estrutura, definindo o que é biodegradação, apresentando os diferentes tipos de polímeros biodegradáveis e mostrando aos alunos que estes produtos estão presentes no seu dia-a-dia. É possível estudar rótulos como: amido de milho, gelatina, leite com soja e suplemento alimentar (SANTOS, AQUINO, GUEDES, 2011).

7. MATERIAIS E MÉTODOS

7.1. MATERIAIS

- Bastão de vidro.
- Béquer de 2000, 600 e 250 mL.
- Espátula.
- Pinça stainless LB2 – S4.
- Erlenmeyer de 250 mL
- Tubo de ensaio.
- Funil de *Buchner*.
- Coco Verde.
- Placas de acrílico (10 x 20 cm)
- Termômetro 110°C.
- Peneira de 60 mesh.
- Cápsula de permeabilidade.
- Liquidificador.
- Dessecador.
- *Kitassato* de 500 mL.

7.2 EQUIPAMENTOS

- Balança semi-analítica (Tecnal – B-TEC1300).
- Agitador magnético (Tecnal – TE085).
- Agitador mecânico (Fisaton - 715).
- Balança analítica (Bel – M214Ai).
- Estufa com circulação de ar (Marconi - MA035).
- Banho ultrassônico (Kondortech – SD4860).
- Bomba de vácuo (Tecnal – TE058).
- Micrômetro Digital (Starret, Brasil, resolução 0,001).

- Texturômetro (Stable Micro System, modelo TA TX2i, Inglaterra).
- Gerador de isotermas AquaSorp (DecagonDevices, EUA)

7.3 REAGENTES

- Amido de mandioca nativo (Tereos). - Ácido sulfúrico (Synth).
- Glicerol (Dinâmica). - Hidróxido de sódio (Dinâmica)
- Sorbato de Potássio (Dinâmica). - Óleo de Silicone (Synth)
- Goma Guar

7.4. MÉTODOS

O coco verde foi obtido de um comércio da região de Assis-SP. O amido de mandioca foi gentilmente cedido pela Tereos Syral (Brasil).

7.4.1 Preparo da fibra de coco verde

Inicialmente foram separados três cocos, os quais foram partidos na transversal para retirada da fibra (figura 20). Essa fibra foi retirada com cuidado, lavada em água corrente e escorrida em peneira (figura 20). Após a lavagem, foram secas em estufa de circulação de ar a 60 °C por 48 horas. Depois as fibras foram trituradas em processador. Após a moagem as fibras foram passadas em peneira de 100 mesh, obtendo-se fibras com um tamanho aproximado de 0,149 milímetros.



a)

b)

Figura 20: a) Corte transversal; b) Fibras retiradas e lavadas.

7.4.2 Preparação dos biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibra de coco verde por *casting*

Os filmes foram produzidos pela técnica do tipo *casting*, com amido de mandioca (3 g de amido/100g solução filmogênica), empregando glicerol como plastificante (30g/100g de amido), fibra de coco verde, sorbato de potássio e goma guar (0,01g/g amido) para evitar a sedimentação das fibras. Foram realizadas quatro formulações para os filmes, variando a concentração de fibras e sorbato de potássio, conforme descrito na tabela 5. As soluções filmogênicas contendo amido, plastificante, goma guar e fibra foram aquecidas de 30 a 95°C, mantidas a 95°C por 10 minutos, sob agitação constante em agitador magnético. Após gelatinização adicionou-se o sorbato de potássio. Em seguida, cada solução filmogênica foi espalhada em placa de acrílico (10 x 20 cm) e o material foi seco em estufa de circulação de ar a 40 °C por 20 horas. Para a realização das análises, os filmes foram condicionados por um período de 48 horas, em dessecadores, sob umidade relativa de 53% e temperatura de 25 °C (± 2). A figura 21 demonstra o fluxograma dessa técnica.

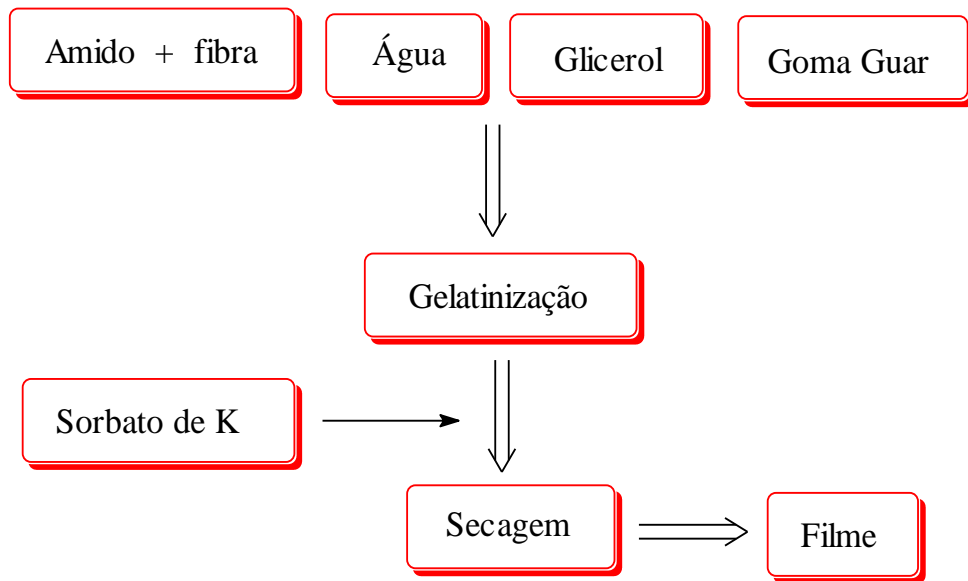


Figura 21: Fluxograma da técnica de *casting* para produção dos filmes ativos

Formulação	Amido (g/100g de solução filmogênica)	Glicerol (g/100g de amido)	Sorbato de Potássio (g/100g de solução filmogênica)	Fibra de coco verde (g/100g de amido)
FC	3	30	0,0	0
F5	3	30	0,25	5
F10	3	30	0,50	10
F15	3	30	0,75	15
F20	3	30	1,00	20

Tabela 5 - Formulações dos filmes biodegradáveis

7.4.3 Caracterização dos Biofilmes

Os filmes foram caracterizados quanto à espessura, propriedades mecânicas, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e isotermas de sorção.

7.4.3.1 Espessura

A espessura dos filmes foi determinada com auxílio do micrômetro digital (Starret, Brasil, resolução 0,001). A espessura final foi a média aritmética de 5 medidas aleatórias sobre a área do filme.

7.4.3.2 Propriedades Mecânicas

Para os testes de tração foi utilizado o texturômetro (Stable Micro System, modelo TA TX2i, Inglaterra) de acordo com o método da *American Society for Testing and Material* (ASTM D-882-02, 2002). As amostras foram cortadas nas dimensões de 50 mm x 25 mm e condicionadas em 53% de Umidade Relativa (UR) (solução saturada de $Mg(NO_3)_2$ a 25°C, por 48 horas antes da realização dos ensaios. A seguir foram ajustadas às garras pneumáticas do equipamento com distância entre as garras de 30 mm e a velocidade de tração de 50 mm.min⁻¹. As propriedades de tração determinadas foram resistência à tração (MPa), alongamento na ruptura (%) e módulo de Young (MPa). Para cada tratamento foram preparados 10 corpos de prova.

7.4.3.3 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi determinada gravimetricamente de acordo com o método da ASTM E-96-(00) (2000) com algumas modificações. O material, previamente condicionado por 48 horas em umidade relativa (UR) de 53% (solução saturada de $(Mg(NO_3)_2)$, foi fixado na abertura circular (60 mm de diâmetro) da cápsula de

permeabilidade, empregando-se graxa de silicone para garantir a migração de umidade exclusivamente através do filme. O interior da cápsula foi parcialmente preenchido com CaCl_2 (0% de UR) e o sistema foi introduzido no dessecador contendo solução saturada de NaCl (75% de UR) criando um gradiente de UR para a passagem de vapor de água para o interior da cápsula. Foram realizadas sete pesagens sucessivas, em intervalos de tempo de 24 horas. O ganho de massa (m) foi graficado em função do tempo (t), e então foi determinado o coeficiente angular (m/t) e a taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) dada pela Equação 1

$$\text{TPVA} = \frac{m}{t} \times \frac{1}{A} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde A é a área de permeação do corpo de prova (m^2).

Para cada formulação desenvolvida, o ensaio foi realizado em duplicata. A permeabilidade ao vapor de água foi obtida pela Equação 2:

$$\text{PVA} = \frac{\text{TPVA} \times e}{p_s \times \left(\frac{\text{UR}_1 - \text{UR}_2}{100} \right)} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Onde e é a espessura média do corpo de prova (m), p_s pressão de saturação de vapor à temperatura do ensaio (Pa), UR_1 é a umidade relativa no interior do dessecador em % e UR_2 é a umidade relativa no interior da cápsula em %.

7.4.3.4 Isotermas de Sorção

As amostras dos filmes foram finamente cortados e desidratados e deixados em dessecador contendo CaCl_2 anidro, que manteve a umidade relativa (UR) próxima a 0%. Após este período, as amostras foram colocadas individualmente em um equipamento gerador de isotermas AquaSorp (DecagonDevices, EUA) que opera pelo método de isotermas por ponto de orvalho dinâmico. Uma quantidade de aproximadamente 500 a

800 mg de cada amostra foi colocada no compartimento específico. A varredura no ciclo de adsorção foi realizada na faixa de 0,30 a 0,80 de atividade de água a uma temperatura de 25°C.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os filmes obtidos com adição de fibra apresentaram sulcos aparentes de glicerol, não havendo homogeneidade nos mesmos. Contudo, se apresentaram sem ondulações, rupturas ou fraturas após a secagem (figura 22). Os filmes apresentaram boa manuseabilidade e depois de serem retirados das placas puderam ser manipulados sem qualquer risco de ruptura. Este comportamento não foi observado no filme controle (FC - sem adição de fibras) e no filme com 5% de fibra. Estes filmes se apresentaram bastante higroscópicos, o que dificultou a manuseabilidade e impossibilitou a caracterização de ambos.

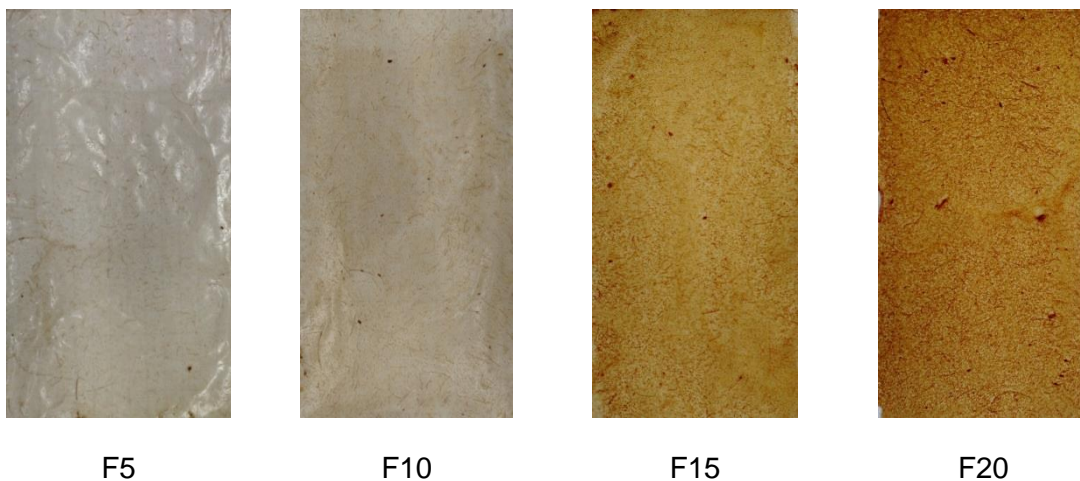


Figura 22: Filmes produzidos.

As fibras de coco foram peneiradas com o objetivo de se obter fibras de mesmo tamanho. Entretanto, observou-se após passagem das fibras em peneiras de 100 mesh que as mesmas não apresentavam o mesmo comprimento. Esta falta de homogeneidade levou a interferências nas propriedades mecânicas.

A espessura dos filmes variou de 0,187 a 0,216 mm (tabela 6) e os filmes com 10% de fibras tiveram a menor espessura. A quantidade de solução filmogênica adicionada nas

placas foi a mesma para as diferentes formulações, desta forma, os filmes com maior concentração de fibras, tiveram também a maior espessura.

Formulação	Espessura (mm)
FC	-
F5	-
F10	0,187 (± 0.02)
F15	0,214 (± 0.01)
F20	0.216 (± 0.01)

Tabela 6 – Valores de espessura dos filmes

A inclusão de fibras de coco alterou as propriedades mecânicas dos filmes (tabela 7), observando-se reduções na resistência máxima à tração e no alongamento na ruptura, com o aumento de porcentagem das mesmas. Esta redução pode ser explicada considerando aspectos estruturais, devido a fraca interação das fibras de coco com a matriz polimérica.

Formulação	Resistência Máxima a Tração (MPa)	Alongamento na ruptura (%)	Módulo de Young* (MPa)
FC	-	-	-
F5	-	-	-
F10	1,180 ($\pm 0,2$)	90,437 ($\pm 12,6$)	-
F15	0,678 ($\pm 0,2$)	48,310 ($\pm 5,58$)	-
F20	0,556 ($\pm 0,2$)	35,72 ($\pm 8,00$)	-

Tabela 7: Propriedades mecânicas dos filmes

De acordo com Mantia e Morreale (2011), a preparação de polímeros pela técnica de *casting*, reforçados com fibras lignocelulósicas geralmente resulta em fibras dispersas fisicamente na matriz polimérica e na maioria das vezes, com pouca adesão e afinidade, gerando propriedades mecânicas deficientes.

Para a utilização de filmes biodegradáveis como materiais de embalagem, é necessário que os mesmos sejam resistentes à ruptura e flexíveis. Estas características mecânicas permitem que o produto embalado se mantenha íntegro e protegido durante o manuseio e transporte e a embalagem se adapte a eventuais deformações evitando danos mecânicos. Estas características de resistência dependem das propriedades de cada componente do filme e suas interações. Nos filmes em estudo não foi possível medir o Módulo de Young (Módulo de Elasticidade) devido ao fraco alongamento no ponto de escoamento (Aesc), demonstrado teoricamente pela figura 17 (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002). A baixa linearidade da curva impediu a realização dos cálculos com precisão. Esta variação pode ser atribuída à falta de homogeneidade no tamanho das fibras do filme, havendo uma ruptura mais rápida onde há uma fibra mais longa

Para que haja uma melhor uniformidade no tamanho das fibras, ocasionando assim uma melhora na elasticidade dos filmes seria necessário o tratamento das mesmas. Vários autores (ROSA *et al.*, 2009; CAMPOS *et al.*, 2011) relatam importante melhora não só no módulo de Young, mas nas propriedades mecânicas em geral, visto que o tratamento diminuiria não só o tamanho das fibras, mas também o teor de lignina nas mesmas, o que aumentaria a interação fibra-glicerol-matriz polimérica.

A tabela 8 mostra que a permeabilidade ao vapor de água diminui com o aumento da concentração de fibra como citado na literatura. Segundo Muller (2007) a adição de fibras acarreta diminuição da permeabilidade ao vapor de água devido ao seu caráter mais hidrofóbico se comparado com o amido.

Formulação	Permeabilidade ao vapor de água (g/m.Pa.dia)
FC	-
F5	-
F10	2,95 E-06
F15	2,28 E-06
F20	1,97 E-06

Tabela 8: Permeabilidade ao vapor de água dos filmes (0-75 % UR)

O gráfico de isotermas de sorção de água a 25°C (Figura 23) mostra que o filme F20 teve menor ganho de água em todas as atividades de água (a_w) quando comparado com os filmes F15 e F10. Mesmo com baixa interação entre a matriz de amido/fibra observado pelas propriedades mecânicas, o filme com maior teor de fibras absorveu uma menor

quantidade de água. A redução da umidade de equilíbrio de filmes de amido/filmes de amido adicionados de fibras foi relatada por alguns pesquisadores, que atribuíram esse comportamento às interações entre as fibras e os sítios hidrofílicos do amido, substituindo as ligações amido-água (AVÉROUS et al., 2001; MÜLLER et al., 2009). De acordo com esses autores, requer-se maior energia para a adsorção molecular nos sítios ativos, o que está de acordo com o aumento do grau de hidrofobicidade da amostra.

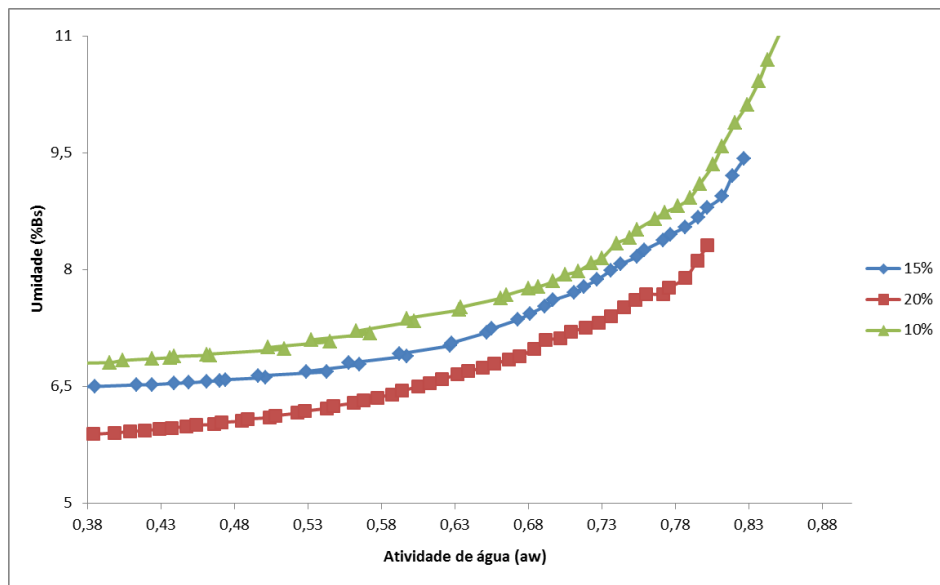


Figura 23- Gráfico de Isotermas de Sorção de água a 25°C

O controle da atividade de água (a_w) é um dos parâmetros mais importantes para a conservação de alimentos. De acordo com Machado et al. (2014), “a a_w é considerada como um parâmetro inteiramente ligado à umidade do alimento, o que permite determinar a sua capacidade de conservação, de propagação microbiana e de acontecimento de reações químicas”.

Se a quantidade de água livre em embalagens para produtos alimentícios é reduzida, há uma diminuição da disponibilidade de água para o crescimento de microorganismos, o que evitaria alterações químicas indesejáveis para o armazenamento dos produtos. Produtos que apresentem valores de a_w inferiores a 0,600 são relativamente protegidos contra contaminação microbiana, ao passo que a proliferação de microorganismos específicos pode acontecer em valores superiores a 0,600. Tendo em vista que a água migra de áreas com altos valores de a_w para áreas de baixos valores de a_w , é essencial

possuir valores baixos para este parâmetro quando a embalagem for utilizada para produtos alimentícios (MACHADO et al., 2014).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de fibra *in natura* de coco verde em filmes biodegradáveis produzidos de amido de mandioca/glicerol alterou as propriedades mecânicas dos filmes, reduzindo a resistência máxima à tração e o alongamento na ruptura, com o aumento de porcentagem das mesmas. Contudo, observou-se melhora das propriedades de barreiras, quando comparado com filmes exclusivamente de amido/glicerol.

Os resultados indicam que a redução da resistência máxima à tração e do alongamento na ruptura é decorrente da fraca interação das fibras de coco com a matriz polimérica e que a falta de homogeneidade no tamanho das mesmas impossibilitou a medida do Módulo de Young. Para melhorar a interação entre a fibra e a matriz polimérica e obter fibras com maior uniformidade de tamanho, melhorando assim as propriedades mecânicas, é necessário uma modificação química ou física das fibras, antes de serem incorporadas à matriz polimérica. Já a diminuição da permeabilidade ao vapor de água com o aumento de adição de fibras, é devido ao seu caráter mais hidrofóbico se comparado com o amido.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRINO, Cristiane Duarte. **Utilização dos amidos de milho e de batata na elaboração de tapioca**. 2006. p.70. Dissertação (mestrado) – Tecnologia de alimentos – Universidade Federal do Ceará, CE, Fortaleza, 2006.

ALMEIDA, Carliana Lima; FALCÃO, Cleire Lima da Costa. O lúdico como instrumento facilitador da aprendizagem: uma abordagem ao estudo do solo no ensino de geografia. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, ano.V, n.2, set, 2012. P. 1-17.

ALVES, Regina Estevam. **Caracterização de fibras lignocelulosicas pré – tratadas por meio de técnicas espectroscópicas e microscópicas ópticas alta resolução**. 2011. 117p. Dissertação (mestrado) - Engenharia de Materiais – Escola de Engenharia de São Carlos, SP, São Carlos, 2011.

ARIETA, Pedro de Freitas. **Caracterização de produto comercial à base de amido de milho**. 2014. p. 56. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola Politécnica. RJ, Rio de Janeiro, 2014.

AVÉROUS, L.; FRINGANT, C.; MORO, L. Plasticized starch cellulose interactions in olysaccharides composites. **Polymer**, v. 42, 2001. p. 6565-6572.

BARBANTI, Samuel H.; ZAVAGLIA, Cecília A. C.; DUEK, Eliana A. R. Polímeros Bioreabsorvíveis na Engenharia de Tecidos. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 15, nº 1, p. 13-21, 2005.

BARBOSA, Anderson de Paula. **Características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de buriti**. 2011. 141p. Tese (doutorado) – Materiais – Universidade Estadual do Norte do Fluminense – Rio de Janeiro, RJ, 2011.

BASTOS, Daniele Cruz. **Estudo da redução da hidrofiliabilidade de filmes biodegradáveis de amido de milho termoplásticos com e sem reforço de fibras de bananeira através do tratamento por plasma de SF₆**. 2010. 108p. Tese (doutorado) – Engenharia metalúrgica e de materiais – Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

BENETTO, Ricardo Melo Di. **Influência da radiação ultravioleta nas propriedades físico-químicas e mecânicas de fibras de bananeira: um método alternativo de tratamento fotoquímico**. 2015. p. 146. Dissertação (mestrado) – Ciências de Materiais para Engenharia – Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, Itajubá, 2015.

BENINI, Kelly Cristina Coelho de Carvalho. **Desenvolvimento e caracterização de Compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas: HIPS/Fibra da casca do coco verde e bagaço de cana de açúcar**. 2011. 125p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia – Universidade Estadual Paulista (UNESP), SP, Guaratinguetá, 2011.

BIANCHIN, Emanuel. **Polimerização de (ϵ -caprolactona) utilizando novozym 435 em dióxido de carbono supercrítico**. 2009. 51p. Dissertação (mestrado) – Ciências Agrárias – URI (Universidade Regional Integrada) Campus Erechim – Rio Grande do Sul, Erechim, 2009.

BILCK, Ana Paula. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis para cobertura de solo, ensacamento de frutos e sacos para mudas**. 2010. 123p. Tese (doutorado) – Ciências e tecnologia de alimentos – Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Londrina, 2010.

BRANDELERO, Renata Paula Herrera. **Filmes biodegradáveis de amido e poli(butileno adipato-tereftalato) (PBAT) adicionados de surfatante e óleo de soja**. 2010. p. 157. Dissertação (mestrado) – Ciência de Alimentos – Universidade Estadual de Londrina, PR, Londrina, 2010.

BRÁS, Natércia. **Polissacarídeos**. Casa da ciências. 2011. Disponível em: <<http://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Polissacar%C3%ADdeos>> Acesso em: 06 jun.2015.

BRESSANIN, Helton Rodrigo Citá. **Bioplásticos a partir de amido**. 2010. 56p. Trabalho de conclusão de curso (Química Industrial) – Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, São Paulo, Assis, 2010.

BRITO, G. F.; AGRAWAL,P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO,T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.6, n.2, 2011, p. 127-139.

BRITO, Rafael Mizubuti. **Utilização de microrganismo amilolítico no desenvolvimento e aplicação de recipientes biodegradáveis para a produção de mudas agrícolas de melancia**. 2011. p.97. Dissertação (mestrado) – Ciências de Alimentos – Universidade Estadual de Londrina, PR, Londrina, 2011.

CAMPAGNER, Marina Rodrigues; MORIS, Virgínia Aparecida da Silvia; PITOMBO, Leonardo Machado; CARMO, Janaina Braga do; PAIVA, Jane Maria Faulstich de. Filmes poliméricos baseados em amido e lignossulfonatos: preparação, propriedades e avaliação da biodegradação. **Polímeros**,v.24, n.6, nov/dec, 2014. p. 740-751.

CAMPOS, Adriana de, TEODORO, Kelcilene B. R.; MARCONCINI, José M.; MATTOSO, Luiz H.C. Efeito do Tratamento das Fibras nas Propriedades do Biocompósito de Amido Termoplástico/Policaprolactona/Sisal. **Polímeros**, vol. 21, nº 3, p. 217-222, 2011

CARVALHO, Julio C de. Meio Ambiente, poluição: 1. O que é biodegradação. 2008. Disponível em <
http://www.passeiweb.com/estudos/sala_de_aula/quimica/biodegradacao> Disponível em: 20. Agosto. 2015

CASTILHOS, Luciana Fernanda Fabro de. Aproveitamento da Fibra de Coco. In: **Serviço Brasileiro de Resposta Técnica**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 23p, 2012.

CASTRO, Heizir F. de. Papel e Celulose. **Processos Químicos Industriais II – Apostila 4**. 2009. 30p. Escola de Engenharia de Lorena (EEL) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.

CLEIDE, Ana. **Produtos Biodegradáveis**. Projeto ler mais. 2013. Disponível em < http://anyamigadaleitura.blogspot.com.br/2013_08_01_archive.html > Acesso em: 02. Set.2015

COELHO, Mariana; OLIVEIRA, THAIS. **Amido**. Dextrinização e Gelatinização do Amido. 2014. Disponível em < <http://nutriagindo.blogspot.com.br/2014/11/amido.html>> Acesso em: 14.Jul.2016

COSTA, Ana Carolina Perini. **Análise da substituição de polímeros convencionais por polímeros biodegradáveis – um estudo de caso**. 2013. 63p. Trabalho de conclusão de Curso – Engenharia de produção – Fundação de ensino “Eurípides Soares Da Rocha” centro universitário eurípides de marília – UNIVEM – SP, Marília, 2013.

COSTA, Carolina Zanon Costa; ALBUQUERQUE, Marcos de C. C. de; BRUM, Maria Cristina; CASTRO, Aline Machado de. Degradação microbológica e enzimática de polímeros: uma revisão. **Quim. Nova**, Vol. 38, No. 2, 259-267, 2015.

CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Química**

DA RÓZ, Alessandra Luzia. **Preparação e caracterização de amidos termoplásticos**. 2004. 171p. Tese (Doutorado) - Instituto de Química de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

DALCIN, Gabrieli Bortoli. **Ensaio dos materiais**. p.41. 2007. Curso de Engenharia Industrial Mecânica. Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das missões. Santo Ângelo, Uruguai, 2007.

DEBIAGI, Flávia; IVANO, Léa Rita P.F.M; NASCIMENTO, Pedro Henrique A.; MALI, Suzana. Embalagens biodegradáveis de amido reforçadas com fibras lignocelulósicas provenientes de resíduos agroindustriais. **Biochemistry and Biotechnology Reports**. Jul.- Dec., v. 1, n. 2, 2012, p. 57-67.

DENARDIN, Cristiane Casagrande; SILVA, Leila Picolli da. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**. Santa Maria, online. 2008. ISSN 0103-8478.

FILHO, Luiz Carlos Gonçalves. **Utilização do pseudocaule de bananeira como substrato da fermentação alcoólica: avaliação de diferentes processos de despolimerização**. 2011. p. 98. Dissertação (mestrado) – Engenharia de Processos – Universidade da Região de Joinville, SC, Joinville, 2011.

FRANCHETTI, Sandra Mara Martins; MARCONATO, José Carlos. Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade de resíduos plásticos. **Química Nova**, v.29, n.4, jul/aug, 2006, p. 1- 8.

GALÃO, Olívio Fernandes; BUENO, Eliana Aparecida Silicz; BORSATO, Dionisio; ALMEIDA, Flaveli Aparecida de Souza; MOREIRA, Ivanira; MARTINS Antonio. A química no ensino médio tendo “detergente” como tema motivador. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v.24, dez, 2003. p. 85-92

GEHLEN, Larissa Rossi. **Efeito da utilização de fibras lignocelulósicas (açai e curauá) em compósitos com matriz de resina poliéster insaturado**. 2014. 104p. Dissertação (mestrado) – Tecnologia – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Paraná, Curitiba, 2014.

GONÇALVES, Maria Flávia Vaz. **Tratamento térmico dos amidos de batata doce (*Ipomoea batatas* L.) e de mandioca salsa (*Arracacia xanthorrhiza*.) sob baixa umidade em microondas**. 2007. p.92. Dissertação (mestrado) – Ciência e tecnologia de Alimentos – Universidade de São Paulo, SP, Piracicaba, 2007.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa, **Química Nova na Escola**, v. 31, nº. 3, agosto, 2009, p. 198-202

GUIMARÃES, J. L.; WYPYCH, F.; SAUL, C. K.; RAMOS, L. P.; SATYANARAYANA, Studies of the processing and characterization of corn starch and its composites with banana and sugarcane fibers from Brazil, **Carbohydrate Polymers**, v. 80, 2010, p. 130-138.

ISOTTON, Francine Suélen. **Desenvolvimento e caracterização de filmes de amido de milho esterificado com plastificante glicerol, sorbitol e poli (álcool vinílico)**. 2013. 100p. Dissertação (mestrado) – Engenharia de processos e tecnologia – Universidade de Caxias do Sul, RS, Caxias do Sul, 2013.

IZQUIERDO, Indara Soto. **Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural**. 2011. 146p. Dissertação (mestrado) – Engenharia de estrutura – Escola de Engenharia de São Carlos, SP, São Carlos, 2011.

JUNIOR, Sebastião V. Canevarolo. **Ciência dos Polímeros**. 2 ed. Cidade: São Paulo: ArtLiber, 2006. Associado com ABPOL.

KIRCHMAYER, Eliane. **100% Biodegradável**. Ecologicamente Correto. Disponível em: <http://ecologicamentecorretossalvaroplaneta.blogspot.com.br/2015_06_01_archive.html> Acesso em: 18.Nov.2015.

La Mantia, F. P.; Morreale, M. . Review Green composites: A brief review. **Composites: Part A**, v. 42, 2011, p. 579–588.

LEITE, Marcia C. A. M.; FURTADO, Cristina R. G.; COUTO, Lessandra O.; OLIVEIRA, Flávia L. B. O.; CORREIA, Thiago R. Avaliação da Biodegradação de Compósitos de Poli(ϵ -Caprolactona)/Fibra de Coco Verde. **Polímeros**, vol. 20, n. especial, p. 339-344, 2010.

MACHADO, Bruna A. S; REIS, João H. O.; SILVA, Jania B. da Silva; CRUZ, Lindaiá S.; NUNES, Itaciara L.; PEREIRA, Fabiano V.; DRUZIA, Janice I. Obtenção de nanocelulose da fibra de coco verde e incorporação em filmes biodegradáveis de amido plastificados com glicerol. **Química Nova**, v.37, nº 8, 2014, p. 1275 -1282.

MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Vitória Eiras; YAMASHITA, Fábio. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, nº1, 2010b, p. 137-156

MALI, Suzana; GROSSMANN; Maria Victória Eiras; YAMASHITA, Fábio. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan./mar. 2010.

MARENGO, Vitor Almeida; VERCELHEZE; Ana Elisa Stefani; MALI, Suzana. Compósitos biodegradáveis de amido de mandioca e resíduos da agroindústria. **Quím. Nova** vol.36 n.5 São Paulo 2013.

MARINELLI, Alessandra L.; MONTEIRO, Marcos R.; AMBRÓSIO, José D.; BRANCIFORTI, Márcia C.; KOBAYASHI, Márcio; NOBRE, Antonio Donato. Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 18, nº 2, p. 92-99, 2008.

MARTINS, Adriana Pacheco; WATANABE, Toshiko; SILVA, Pedro Luiz Rodrigues da; BORELLI, Camila; MARCICANO, João Paulo Pereira; SANCHES, Regina Aparecida. Aproveitamento de fibra de coco verde para aplicabilidade têxtil. **REDIGE** v. 4, n. 02, ago. 2013.

MELO, Cristina de Paula. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de mandioca e goma xantana**. 2010. 109p. Dissertação (mestrado) – Biotecnologia - Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Londrina, 2010.

MORAES, Alaine Patrícia da Silva. **Estudo do pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar e caracterização físico-química**. 2010. p.60. Dissertação (mestrado) – Ciências da engenharia de alimentos – Universidade de São Paulo, SP, Pirassununga, 2010.

MORAES, Guilherme da Silveira de. **Efeito dos diferentes tratamentos químicos na hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar.** 2009. p.29. Relatório (Iniciação Científica) – Química – Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA), SP, Assis, 2009.

MORAES, Jaqueline Oliveira de. **Propriedades de filmes de amido incorporados de nanoargilas e fibras de celulose.** 2009. 88p. Dissertação (mestrado) – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

MÜLLER, C. M. O. **Estudo dos processos de transferência de massa e propriedades mecânicas de biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibras de celulose.** Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, 2007.

MÜLLER, C. M. O.; LAURINDO, J. B.; YAMASHITA, F. Effect of cellulose fibers addition on the mechanical properties and water vapor barrier of starch-based films. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n^o.5, 2009. p. 1328-1333.

MULLER, Carmem M. O.; LAURINDO, João Borges; YAMASHITA, Fabio. Effect of cellulose fibers on the crystallinity and mechanical properties of starch-based films at different relative humidity values, **Carbohydrate Polymers**, v. 77, 2009, p. 293–299.

NEVES, Aline Abreu; PIRES, Camila de Freitas. **Biodegradação de materiais poliméricos por fungos filamentosos.** 2011. p. 87, Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual Paulista (UNESP), SP, Presidente Prudente, 2011.

OLIVEIRA, Bruna de; VIEIRA, Daniela Pravato; KRAISCK, Jennifer Diane; DOHLER, Lucas; SANTOS, Vanessa Fischer dos; MORAES, Ana Carolina. Estudo comparativo entre a degradação do poli (l-ácido láctico) (PLLA) e do polietileno de alta densidade (PEAD) em solo compostado. **Revista de Extensão e Iniciação Científica UNISOCIESC – REIS.** v.1, n.2, 2014.

OLIVEIRA, Jamerson Carneiro De. **Síntese e caracterização de nanocompósitos poliméricos reforçados com whiskers de celulose da fibra de licuri**. 2015. 116p. Dissertação (mestrado) – Engenharia química – Universidade Federal da Bahia, BA, Salvador, 2015.

OLIVEIRA, Marizete da Silva. **Currículo para a Formação Docente na Magistratura**. IN: SEMINÁRIO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES, IV, 2013.

PEREIRA, Fabiano Vargas; PAULA, Everton Luiz de; MESQUITA, João Paulo de; LUCAS, Alessandra de Almeida; MANO, Valdir. Bionanocompósitos preparados por incorporação de nanocristais de celulose em polímeros biodegradáveis por meio de evaporação de solvente, automontagem ou eletrofiação. **Quim. Nova**, Vol. 37, No. 7, 1209-1219, 2014.

PEREIRA, Maria Myrela. **Currículo de Química, PRESCRITIVIDADE VERSUS PLANEJAMENTO ANUAL**. 2014. 36p. Trabalho de Conclusão de Curso – Química – Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, Campina Grande, 2014.

PIRES, Eduardo Nascimento. **Efeito do tratamento de superfície em fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi**. p. 73. Dissertação (mestrado) – Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Florianópolis, 2009.

PITT, Fernando Darci; BOING, Denis; BARROS, António André Chivanga. Desenvolvimento histórico, científico e tecnológico de polímeros sintéticos e de fontes renováveis. **Revista da Unifebe** nº 9, 2011.

PONTES, Altem Nascimento; SERRÃO, Caio Renan Goes; FREITAS, Cíntya Kércya Araújo de; SANTOS, Diellem Cristina Paiva dos; BATALHA, Sarah Suely Alves. O ensino de química no nível médio: Um olhar a respeito da motivação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16, 2008. Curitiba. Brasil. **Resumos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008.

RAZERA, Ilce Aiko Tanaka. **Fibras Lignocelulosicas como agente de reforço de compositos de matriz fenólica e lignofenólica.** 2006. 189p. Tese (doutorado) – Instituto de Química – Universidade de São Paulo, SP, São Carlos, 2006.

RETT, Henrique Tirolli. **Produção por extrusão e termoprensagem de laminados biodegradáveis a partir de farinha de mandioca, sorbitol e poli (butileno adipatoc-tereftalato) / (PBAT).** 2010. 71p. Dissertação (mestrado) – Ciências e Tecnologia de Alimentos – Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Londrina, 2010.

RIBEIRO, Marcus Eduardo Maciel; FANTINEL, Mirian; RAMOS, Maurivan Güntzel. Um estudo sobre referenciais curriculares de química em escolas brasileira. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO SUPERIOR, 8, 2012. Havana, Cuba. **Resumos.** Havana, 2012.

RICARDO, Nágila M. P. S.; GOMES, Anida M. M.; SILVA, Paloma L. da; MOURA, Carolina de L.; SOUZA, Ticiane V. de P.. Estudo das propriedades mecânicas e biodegradáveis de blendas de amido de mandioca/quitosana/pva. In: Congresso Brasileiro de Polímeros, 10, 2009, Foz do Iguaçu, Brasil. **Anais do 10 Congresso Brasileiro de Polímeros**, v.5, outubro, p.1-8.

ROSA, Morsyleide F.; MEDEIROS, Eliton S.; IMAM, Syed H.; MATTOSO, Luiz Henrique C. Mattoso. Compósitos biodegradáveis reforçados com fibras de coco imaturo. **V Workshop de Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio.** São Carlos, 17 e 18 de setembro de 2009.

SAEMI, Sistema de Avaliação Educacional do Município do Ipojuca. **Língua portuguesa e matemática**, 2014. Departamento: Universidade Federal de Juiz de Fora.

SANTOS, Adriana Pereira dos. **Extração e caracterização do amido do fruto-do-lobo (Solanum lycocarpum St. Hil) e elaboração de filmes biodegradáveis.** 2009. p.112. Dissertação (mestrado) – Ciências moleculares – Universidade Estadual de Goiás, GO, Anápolis, 2009.

SANTOS, Éverton da Paz; AQUINO Gezyel Barbosa de; GUEDES Josevânia Teixeira. **A contextualização no ensino de química no ensino médio: um estudo de caso no colégio estadual Presidente Costa e Silva**. 2011. Universidade Trindade. Disponível em <http://www.unit.br/hotsites/2011/enc_formacao_professores/arquivos/artigos/GT_04_PRATICAS_INVESTIGATIVAS/A_CONTEXTUALIZACAO_ENSINO_QUIMICA_ENSINO_MEDIO_ESTUDO_CASO_COLEGIO_%20ESTADUAL_PRESIDENTE_%20COSTA_SILVA> Acesso: 02. Set. 2015

SANTOS, Marília Cavalcante dos. **Efeitos dos subprodutos da aroeira e do biofilme a base de quitosana na pós colheita e controle da antracnose em goiabas 'Palumas'**. 2012. p. 97. Dissertação (mestrado) – Agroecossistema – Universidade Federal de Sergipe, SE, São Cristóvão, 2012.

SANTOS, Widson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza; MATSUNAGA, Roseli Takako; DIB, Siland Meiry França; CASTRO, Eliane Nilvana F.de; SILVA, Gentil de Souza; SANTOS, Sandra Maria de Oliveira; FARIAS, Salvia Barbosa. **Química e Sociedade**, 1.ed. São Paulo: Editora Nova Geração, 2008.

SARANTÓPOULOS, Claire I. G. L.; OLIVEIRA, Léa Mariza de; PADULA, Marisa; COLTRO, Leda; ALVES, Rosa Maria Vercelino, GARCIA, Eloísa Elena Corrêa. **Embalagens Plásticas Flexíveis: principais polímeros e avaliação das propriedades**, CETEA/ITAL, 2002, 3.267p.

SEBIO, Leonard. **Desenvolvimento de plástico biodegradável a base de amido de milho e gelatina pelo processo de extrusão: Avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e de barreira**. 2003, 179f. Tese (doutorado) - Tecnologia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas , São Paulo, Campinas, 2003.

SEVERINO, Patrícia; SANTANA, Maria Helena A; PINHO, Samantha C.; SOUTO, Eliana B. Polímeros Sintéticos Biodegradáveis: Matérias-primas e Métodos de Produção de Micropartículas para uso em Drug Delivery e Liberação Controlada. **Polímeros**, vol. 21, nº 4, p. 286-292, 2011

SEVERINO, Patrícia; SANTANA, Maria Helena A; PINHO, Samantha C.; SOUTO, Eliana B; MALMONGE, Sonia M. Polímeros Usados como Sistemas de Transporte de Princípios Ativos. **Polímeros**, 2011.

SHIMAZU, Angélica Aimoto; MALI, Suzana; GROSSMAN, Maria Victória Eiras. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 79-88, jan./mar. 2007.

SHIMAZU, Angélica Aimoto; MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Victoria Eiras. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filme biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.1, jan/mar, 2007, p. 79-88

SILVA, Diego Silva da; SPIER, Mônica; SOUZA, Paulo Vitor Dutra de; SCHAFER, Gilmar. Características químicas do bagaço de cana-de-açúcar para uso como substrato para plantas. In: **XX CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, XX, 2008, Vitória, Brasil.

SILVA, Graciana O.; JERÔNIMO, Carlos Enrique. Estudo de alternativas para o aproveitamento de resíduos sólidos da industrialização do coco. **Monografias ambientais - SILVA & JERÔNIMO**, v(10), nº 10, p. 2193 – 2208, OUT-DEZ 2012. (e-ISSN: 2236-1308).

SILVA, Rafael; HARAGUCHI, Shirani K.; MUNIZ, Edvani C.; RUBIRA Adley F. 2009 - Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos - **Química Nova**, Vol. 32, No. 3, 661-671, 2009.

SOUZA, C. O. de; SILVA, L. T.; DRUZIAN, J. I. Estudo Comparativo da Caracterização de Filmes Biodegradáveis de Amido de Mandioca Contendo Polpas de Manga e de Acerola. **Química Nova**, v. 35, nº 2, 2012, p. 262-267.

SOUZA, Jaqueline Rodrigues de; FELIPE, Aline Rafaela; BERTIM, Beatriz Rodrigues; SANTOS, Elisiane Ferreira dos; SILVA, Pâmella Caroline Alves da. **POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS NA DIMINUIÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS**. VI CONCCEPAR: Congresso Científico da Região Centro-Ocidental do Paraná. Disponível em <<http://conccepar2015.grupointegrado.br/resumo/polimeros-biodegradaveis-na-diminuicao-de-residuos-plasticos/574>> Acesso em: 30. jun.2016.

SOUZA, L. G. V. de; CARVALHO, C. W. P.; MARCONCINI, J. M.; ASCHERI, J. L. R. Propriedades Mecânicas de Filmes Biodegradáveis de Amido de Mandioca Adicionados de Nanofibrilas de Algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 2009, Foz do Iguaçu. **Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros**, outubro, 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86120/1/proci-09.00087.pdf>> Acesso em: 25. nov. 2015.

SOUZA, Luiz G. V. de; CARVALHO, Carlos W. P.; MARCONCINI, José M.; ASCHERI, José L. R. Propriedades mecânicas de filmes biodegradáveis de amido de mandioca adicionados de nanofibrila de algodão. In: Congresso Brasileiro de Polímeros, 10, 2009, Foz do Iguaçu, Brasil. **Anais do 10 Congresso Brasileiro de Polímeros**, v.5, outubro, p.1-6.

TEIXEIRA, Fábio Andrade; PIRES, Aureliano Vieira; NUNES, Paulo Valter. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. **REDVET. Revista electrónica de Veterinaria**. 1695-7504. 2007 v.VIII n.6.

VÉLEZ, Harvey Alexander Villa; ROMERO, Javier Telis; BIANCHI, Vanildo Luiz Del; HERRERA, Henry Alexander Váquiro. **Aplicações de secagem para o aproveitamento de resíduos da banana, visando sua aplicação na indústria**. Dissertação (mestrado) – SP, São José do Rio Preto, 2011.

VICELLI, Amanda Victoria; NASCIMENTO, Marina Machry; CORTEZ, Elisa de Moraes; FRIEDRICH, Leila Augusta. Uma alternativa ecológica: bioplástico. In: FEBRACE (Feira Brasileira de Ciências e Engenharia), 13, 2015. São Paulo, Brasil. **Resumos**. São Paulo: Escola Politécnica da USP – EPUSP. Res. 431

VICENTI, Martim. **Biodegradável e não-biodegradável: qual a diferença?**. Green Me. 2014. Disponível em < <http://www.greenme.com.br/informar-se/lixo-e-reciclagem/1238-biodegradavel-e-nao-biodegradavel-qual-a-diferenca>> . Acesso em: 02. Set.2015.