

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE PROTEÍNAS NATURAIS

Gabriel Borges Guimarães (UNILASALLE RJ) gabrielguimaraes23@hotmail.com

Victor Miranda de Almeida (UNILASALLE RJ) victormgpec@gmail.com

Alexandre Reis de Azevedo (UNILASALLE RJ) alexandre.azevedo@lasalle.org.br

Resumo

O uso excessivo dos plásticos somado ao seu baixo teor de degradabilidade têm gerado um grave problema de contaminação ambiental, visto que há um grande acúmulo desse material em aterros ao redor o mundo. Devido a esse fato, se tornou necessário pensar em alternativas para solucionar esta situação. Dentre elas, se destaca a produção de plásticos formados a partir de polímeros naturais. Os chamados biopolímeros vêm ganhando espaço na indústria nos últimos anos, em virtude principalmente da crescente conscientização acerca da preservação do meio ambiente. Simultaneamente a isso, há pesquisas em torno do uso de proteína como matéria-prima principal na composição de novos bioplásticos, sendo assim uma nova vertente que pode ser inserida no mercado.

Palavras-chave: Bioplástico, Proteínas, Albumina, Colágeno.

1. Introdução

O plástico está presente no cotidiano das pessoas através de diversas maneiras, por isso é, provavelmente, o material mais popular da família dos polímeros (GORNI, 2010). Diversos objetos e equipamentos são fabricados diariamente com este material, os maiores exemplos desse uso são: embalagens, utensílios domésticos, brinquedos, eletrônicos e calçados (PIATTI E FERREIRA, 2005). Devido a isso seu consumo vem aumentando ao longo dos anos em todo o mundo (CANEVAROLO, 2002).

O primeiro registro da produção vem do século XIX, quando Alexandre Parkers iniciou seus estudos com um derivado da celulose, uma resina que foi denominada "Parkesina" (MIRANDA, 2008). Anos mais tarde, com a descoberta do poliestireno, e o aumento do conhecimento dos mecanismos da polimerização, vários tipos de plásticos começaram a serem utilizados na produção industrial. Os principais foram: o polietileno, o policloreto de vinila, as poliamidas (Nylon) e o poliéster (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2008).

Uma das principais características do plástico é a sua pouca degradabilidade, possuindo uma vida útil muito extensa e gerando uma poluição visual e química do meio ambiente (XAVIER,

2006). Alguns tipos de plásticos, por exemplo, necessitam de séculos para se degradar (PIATTI E FERREIRA, 2005). Para agravar ainda mais tal problema ecológico, o plástico é o material que apresenta maior participação no mercado de embalagens, segundo o ABRE (Associação Brasileira de Embalagens) (XAVIER, 2006).

São descartadas por ano, em aterros sanitários, cerca de 14 milhões de toneladas de plásticos e mais de 100.000 toneladas por ano são descartadas no mar (REDDY, 2003). A reciclagem é a prática do reuso dos plásticos são fatores que devem ser incentivados a fim de retardar o esgotamento desta fonte (XAVIER, 2006). Tal método reduz a quantidade de resíduos sólidos, a economia de matéria-prima e energia, o aumento da vida útil dos aterros sanitários e um maior rendimento do processo (VARMA, 1999).

Os problemas decorrentes da poluição ambiental gerada pelo lixo plástico têm levado a comunidade científica a refletir sobre possíveis alternativas para o problema (PANTANO, 2002). Logo o interesse por biopolímeros tem crescido muito nos últimos tempos, no mundo todo (MARCONATO, 2006).

"Todos os plásticos são polímeros, porém, nem todos os polímeros são considerados plásticos" (PIATTI E FERREIRA, 2005). O polímero é uma macromolécula resultante da combinação repetitiva de monômeros iguais (OLIVEIRA, 2013). A própria palavra "Polímero" já se auto-define, pois ela é derivada do grego onde 'poli' significa muitas e 'mero' significa partes (CANEVAROLO, 2002). Esse material pode ser classificado de 2 tipos: naturais ou sintéticos (MORASSI, 2013). Os polímeros naturais (bioplásticos) são aqueles que já se encontram na natureza, por exemplo, a borracha, polissacarídeos e madeira (MILES, 1998). Para que ocorra a sua produção, utilizam-se variados tipos de matérias-primas renováveis como o milho, batata, cana-de-açúcar ou madeira, desde que possam ser extraídos açúcar e amido (SECOM, 2007). Já os sintéticos ou artificiais são feitos pelo homem por meio de um processo chamado síntese ou polimerização como o polipropileno, polietileno e entre outros (MILES, 1998).

Segundo Canevarolo (2002), o processo de polimerização é "o conjunto de reações químicas que provocam a união de pequenas moléculas (*meros* = partes) por ligação covalente com a formação de um polímero". Esse conjunto chamado grau de polimerização, usualmente representado letra "n" (MANO E MENDES, 1999). Tal processo pode ocorrer por meio de diferentes mecanismos de reação, incluindo polimerização em cadeia e em etapas (MACHADO, 2007).

Descobertos há cerca de 10 anos, os plásticos biodegradáveis, ainda possuem uma participação muito pequena no mercado internacional (KORNER, 2005).

1.1 Proteínas

Derivada da palavra grega “Protos” que quer dizer “a primeira”, as proteínas são as biomoléculas mais numerosas nos seres vivos, estando presentes em todas as partes de uma célula (JUNIOR, 2006). As proteínas são grandes moléculas poliméricas compostas pela união repetitiva de aminoácidos (JUNIOR, 2006). Através da hidrólise é possível uni-las em sequências menores de aminoácidos, pois uma grande quantidade de aminoácidos podem participar na elaboração de uma molécula polimérica de proteína (LEHNINGER et al, 1993). As proteínas são formadas por meio de ligações peptídicas entre os diversos tipos de aminoácidos e podem ser classificadas de dois tipos: As globulares (possuem forma de “bola”) (figura 1) e as fibrosas (figura 2) (BOBBIO, 1992).

Figura 1 - Proteína globular



Fonte: Bobbio (1992)

Figura 2 - Estrutura das proteínas fibrosas



Fonte: Bobbio (1992)

1.1.1 Albumina

A albumina (figura 3) é a mais numerosa proteína plasmática, efetuando um total de 50% das proteínas totais do soro humano (DRAIBE, 2004). Em relação a outras proteínas, ela é uma molécula pequena, composta por uma cadeia de 584 aminoácidos, sendo um polipeptídeo simples com um peso molecular de aproximadamente 69.000 Daltons, fundada predominantemente em α -hélices sustentadas e unidas por 17 pontes dissulfeto (DOWIEKO, 1991).

Figura 3. Estrutura molecular da albumina



DOWIEKO (1991)

1.1.2 Colágeno

Colágeno é uma palavra de origem grega que significa cola e sua primeira definição foi feita no século XX pelo dicionário de Oxford como tratando-se de um constituinte dos tecidos que, por aquecimento, dá origem a gelatina (ALBERTS, 1994). Em termos de abundância, ele é a proteína mais importante do tecido conjuntivo, além disso, é um elemento estrutural importante em organismos multicelulares (CAMPBELL, 2000), (LINDEN, 2000). O colágeno possui cadeias formadas pelos aminoácidos glicina, prolina, lisina, hidroxilisina, hidroxiprolina e alanina (SILVA, 2011). Tais cadeias são ordenadas produzindo as fibras de colágeno, que promovem resistência e elasticidade à estrutura presente (DAMODARAN, 2010), (CAMPBELL, 2000), (LINDEN, 2000).

A molécula do colágeno possui 280 nm de comprimento, com massa molecular de 300.000 Da, revigorado por meio das pontes de hidrogênio e das ligações intermoleculares (SILVA, 2011). O colágeno dispõe de uma resistência mecânica que é ampliada por meio do enrolamento helicoidal de diversos segmentos em uma super-hélice, de uma maneira similar a cordões enrolados entre si e sobre si mesmos, para a elaboração de uma corda mais resistente (DAMODARAN, 2010).

Tal proteína pode ser adquirida de variadas espécies animais (suínos, bovinos, peixes, etc.) (SILVA, 2011). No caso do Brasil, por ser um grande exportador de carne bovina, a maioria dos colágenos são oriundos dos subprodutos da indústria de carne (SILVA, 2011).

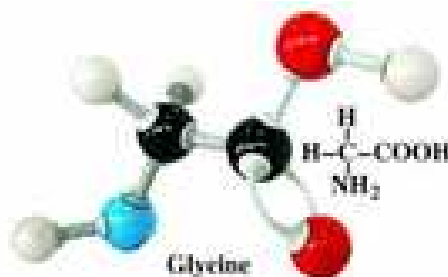
1.1.3 Soja integral

No Brasil, o mercado da soja ainda é bem restrito às indústrias de ração para animais, principalmente para suínos e aves cujo consumo representa aproximadamente 2/3 da produção mundial de farelo de soja (Bellaver & Snizek Júnior, 1999).

De todo o reino vegetal a soja é a única proteína capaz de substituir as proteínas animais uma vez que esta possui todos os aminoácidos essenciais em proporções apropriadas (EMBRAPA 1995).

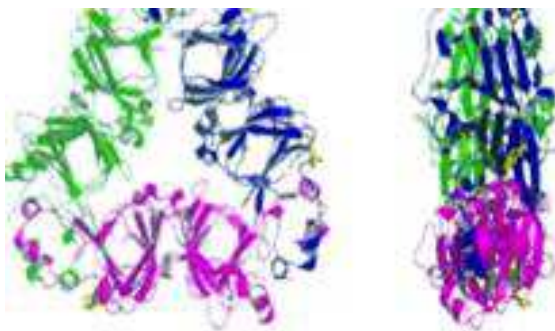
O grão de soja é composto por 40,4% de proteína, 24,55% de lipídeos, 17,26% de carboidratos, 9,31% de fibras, 2,88% de cinzas e 5,6% de umidade (SILVA, 2006). As proteínas encontradas na soja são as (Glicina e β -Conglicinina) figura 4 e 5 (LIMA et al., 2011).

Figura 4 - Estrutura molecular da glicina



Fonte: Lima (2011)

Figura 5 - Estrutura da proteína beta-conglicinina



Fonte: Giora (2009)

1.2 Micro-ondas

Muito utilizado na segunda guerra mundial como radar para detectar aeronaves inimigas, os aparelhos de micro-ondas fazem parte do cotidiano das pessoas hoje em dia (SANSEVERINO, 2002). No ano de 1947, Percy L. Spencer realizou alterações nesses aparelhos e a companhia Raytheon expôs o primeiro forno de micro-ondas para o aquecimento e descongelamento de alimentos (SANSEVERINO, 2002).

Micro-ondas são ondas eletromagnéticas situadas entre a radiação do infravermelho e as ondas de rádio (BUFFER, 1993). O aquecimento por micro-ondas ocorre por fatores como temperatura, ligação química entre outros (ROSINI, 2004).

O aquecimento por micro-ondas transcorre de duas maneiras, da rotação do dipolo e da condução iônica (KAPPE, 2009). A rotação do dipolo ocorre quando as micro-ondas penetram em materiais que contém moléculas polares (DE SOUZA, 2011). Em seguida, há a remoção do campo eletromagnético, fazendo com que as moléculas voltem ao estado desordenado, ocasionando a dissipação de energia absorvida na forma de calor (DE SOUZA, 2011). Já a condução iônica ocorre o processo de fricção por meio da migração de íons dissolvidos sob a ação do campo eletromagnético (TSUKUI, 2014).

2. Material e Métodos

2.1 Materiais

Beckers 50 ml; Balança Marte (série 260089 0,1g. Modelo AS5000C) ; Forno de micro-ondas (Panasonic MN-ST254WRUN/127V 21L, eficiência energética modelo A) ; Estufa (RA-40) ; Becker de vidro (50 ml) ; Bastão de vidro; Pipeta Pasteur; Glicerina (Casas Pedro, Niterói, RJ); Albumina (Casas de Pedro, Niterói, RJ); Colágeno (Casas de Pedro, Niterói, RJ); Óleo de soja (Liza) ; Soja integral (Casa de São Pedro, Niterói, RJ); Amido de milho (Casa de São Pedro, Niterói, RJ); Proveta de vidro (10 ml); Proveta de vidro (25 ml); Termômetro; Água destilada.

2.2 Análise das concentrações de dispersante

A análise da concentração dos dispersantes foi adaptada dos métodos descritos em (MALAJOVICH, 2014) e (ALMEIDA, 2017).

Inicialmente foi utilizado 4g de albumina e colágeno com concentrações de 1mL/9mL e 2 mL/8 mL de glicerina/água cada um. Em seguida mistura-se a solução até que esta fique homogênea e bem solubilizada. Posteriormente, ela foi adicionada em um molde de vidro de

maneira que fique bem distribuída e colocada em um forno de micro-ondas doméstico em potência média por 40 segundos. Ao fim desta etapa, o molde foi retirado do forno e o material avaliado.

Não houve a formação de bioplástico com colágeno, mas com albumina, sim. Notou-se que a albumina sofria uma grande expansão durante o processo de polimerização no forno de micro-ondas e, por isso, ela ficava sem forma definida. A fim de minimizar essa expansão, fizemos a reação em intervalos de 10 segundos durante o processo.

Novos bioplásticos foram feitos usando proporções de 5/5 e 4/6 de glicerina/água destilada com albumina e colágeno. Observou-se que uma quantidade maior de glicerina aumentava a resistência do polímero e, a partir desses resultados, decidiu-se por utilizar parcelas de 4/6 e 5/5 de glicerina/água como um padrão para obter os bioplásticos. O uso da estufa (RA-40) só foi necessário para secar os polímeros que apresentavam um excesso de umidade aparente.

2.3 Processamento dos filmes poliméricos

Após a análise preliminar das concentrações do dispersante foram produzidos bioplásticos com albumina, colágeno e proteína de soja a partir do mesmo método supracitado. Os bioplásticos produzidos a partir do colágeno e da proteína de soja foram produzidos com adição de certa porcentagem de amido, pois o mesmo melhora a maleabilidade e resistência do material como descrito em Miranda 2017. As porcentagens de amido utilizadas foram de 50%.

3. Resultados e Discussões

As tabelas a seguir mostram os bioplásticos produzidos usando apenas proteína (Tabela 1) e usando proteína 50% de amido. (Tabela 2).

Tabela 1 - Parâmetros de formação dos bioplásticos de proteína

Proteína	Dispersante	Proporção de dispersante/água	Potência do Micro-ondas	Bioplástico
Albumina	Glicerina	5ml/5ml	5	Formado
Albumina	Glicerina	4ml/6ml	5	Formado
Colágeno	Glicerina	5ml/5ml	5	Não Formado
Albumina	Glicerina	4ml/6ml	1	Formado
Albumina	Glicerina	4ml/6ml	3	Formado
Albumina (40g)	Glicerina	50ml/50ml	5	Formado
Soja integral	Glicerina	5ml/5ml	5	Não Formado
Soja integral	Óleo de soja	5ml/10ml	3	Não Formado
Albumina	Óleo de soja	5ml/15ml	5	Formado
Albumina	Óleo de soja	5ml/15ml	1	Formado
Albumina	Óleo de soja	10ml/10ml	5	Formado

Fonte: os autores

Tabela 2 - Parâmetros de formação dos bioplásticos de proteína com amido de milho

Proteínas	Quantidade de proteína/amido	Dispersante	Proporção de dispersante/água	Potência do micro-ondas	Bioplástico
Colágeno	2g/2g	Glicerina	5ml/5ml	3	Não Formado
Soja integral	3g/1g	Glicerina	5ml/5ml	5	Não Formado
Soja integral	2g/2g	Glicerina	5ml/5ml	5	Formado
Soja integral	2g/2g	Glicerina	4ml/6ml	5	Formado
Soja integral	2g/2g	Glicerina	4ml/6ml	10	Formado
Soja integral	4g/4g	Glicerina	10ml/10ml	10	Formado

Fonte: os autores

Os melhores resultados foram obtidos com a utilização da albumina. De maneira geral, os bioplásticos de albumina apresentaram boa elasticidade, maleabilidade, flexibilidade e um aspecto “esponjoso” (similar a uma espuma expansiva). Em alguns casos os métodos com intervalos de 10 segundos no forno micro-ondas modificaram muito pouco o tipo de produto obtido.

Figura 6 - Albumina 5/5 na potência 5



Fonte: Os autores

Figura 7 - Albumina 4/6 na potência 5



Fonte: Os autores

A partir dos resultados obtidos com a albumina foi produzida uma placa polimérica de maiores dimensões (figura 8) para serem feitas as caracterizações preliminares. A placa com dimensões maiores apresentou características similares às placas menores, indicando que a técnica empregada pode ser usada em escalas maiores. Certa oleosidade foi observada na formação da placa maior devido ao uso da glicerina em maior quantidade e a limitação em manter o sistema homogêneo dentro do forno.

Figura 8 - Albumina 50/50



Fonte: os autores

As tentativas com o colágeno (figura 9) e a soja integral não foram eficientes. A reação de plastificação não ocorreu. Não foi possível produzir o bioplástico de colágeno mesmo com o 50% de amido de milho.

Figura 9. Colágeno 5/5 na potência 5



Fonte: os autores

A reação realizada com a soja integral e 50% de amido houve formação do bioplástico (figura 10). Esta reação, diferentemente das outras, foi realizada em potência máxima do forno micro-ondas. Seu aspecto físico é excelente e liso, porém sua resistência, rigidez e dureza foram menores.

Figura 10 - Soja integral 4/6 com 50% de amido na potência 10



Fonte: os autores

O aquecimento por micro-ondas, além de ser apontado como uma técnica de Química Limpa mostra eficiência na síntese de compostos orgânicos como pôde ser observado. A potência do forno micro-ondas tem influência direta no rendimento do bioplástico, isto é, quanto maior a potência maior será seu rendimento.

Foram realizados ensaios preliminares de caracterização dos bioplásticos obtidos. Foi calculada a densidade utilizando as medidas do raio e da altura dos bioplástico de albumina (5/5 sob potência média) e soja integral com amido (50% de amido; 4g de soja integral sob potência máxima), tabela 3.

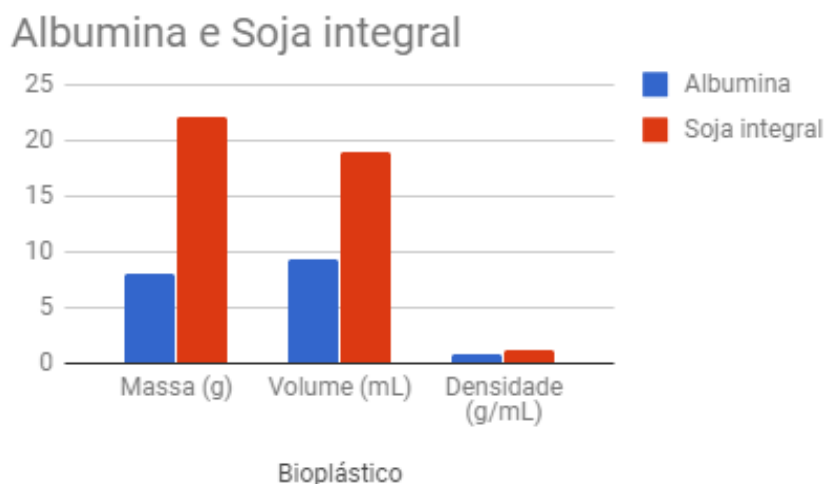
Tabela 3 - Dimensões, densidades e volumes dos bioplásticos de soja integral com amido e albumina

Bioplástico	Espessura (cm)	Massa (g)	Raio (cm)	Volume (mL)	Densidade (g/mL)
Albumina	0,16	8,03	4,27	9,34	0,86
Soja integral	0,30	22,10	4,50	18,95	1,16

Fonte: os autores

A espessura e o raio dos bioplásticos foram medidos utilizando um paquímetro digital. Como os bioplásticos são cilindros com uma altura muito pequena aplicou-se a fórmula do volume do cilindro para calcular os volumes dos materiais. O gráfico 1, abaixo, mostra a densidade dos materiais.

Gráfico 1 - Densidade experimental dos bioplásticos produzidos com albumina e soja integral



Fonte: os autores

4. Conclusões

A partir do trabalho realizado foi possível produzir doze (12) bioplásticos utilizando albumina e soja com amido.

A quantidade de glicerina é fundamental para a obtenção dos bioplásticos. Quanto maior a quantidade de glicerina na mistura dispersante, melhor a homogeneidade e consequentemente melhor o produto da reação.

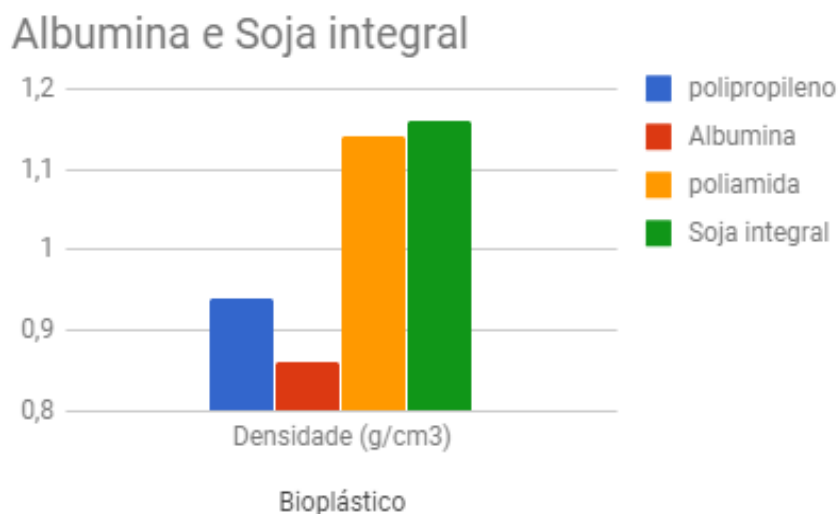
A potência do forno micro-ondas é de grande importância para obtenção dos bioplásticos. O forno de micro-ondas fornece energia para que o processo de polimerização aconteça.

Ao produzir o bioplástico de soja integral com amido na potência máxima do forno micro-ondas comprovou-se que algumas reações precisam de uma quantidade de energia maior para acontecerem.

A densidade do bioplástico de albumina é bem similar a densidade do polipropileno (BRASKEM, 2015). Pode ser processado na forma de filmes e películas para a fabricação de embalagens de alimentos, cigarros ou produtos menores como doces por exemplo.

O bioplástico de soja integral com amido por sua vez possui uma densidade semelhante a poliamida (BRASKEM, 2015). Testes posteriores serão realizados a fim de caracterizar melhor tal bioplástico. O gráfico 2 abaixo mostra a comparação entre a densidade dos bioplásticos e os plásticos convencionais citados.

Gráfico 2 - Comparação entre a densidade experimental dos bioplásticos de albumina e soja com o polipropileno



Fonte: os autores

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B et al. **Molecular Biology of the Cell**, 3.ed. New York: Garland; 1994.

ALMEIDA, V. M.; AZEVEDO, A. R.; Síntese e caracterizações preliminares de bioplásticos feitos a partir de polímeros naturais. **V SIMEP em Londrina, SC**, 2017.

BELLAVER, C., SNIZEK JUNIOR, P.N., Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina, PR. Anais... Londrina : Embrapa Soja, 1999. p.183-199 (Embrapa Soja. Documentos, 124).

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a química de alimentos**. São Paulo; 1992.

BRASKEM. Disponível em: <<http://www.braskem.com/catálogos2015/poliolefinasago2015.pdf>>. Acesso em 14 dez.2017.

BTEC – Biotecnologia, Ensino e Educação. **Guias de atividades – Indústria**.

BUFFER, C. R.; Microwave cooking and processing: Engineering fundamentals for the food scientist, Ed Chapman & Hal: **Londres**, 1993.

CAMPBELL MK. **Bioquímica**. 3. ed. **Porto Alegre**: Artmed; 2000.

CANEVAROLO JR, S. V., Ciência dos Polímeros - Um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 2ª edição. Artliber, **São Paulo**, 2002.

Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR. Química de alimentos de Fennema. 4. ed. Porto Alegre (RS): Artmed; 2010.

DOWEIKO JP, Nompleggi DJ. **Role of albumin in human physiology and pathophysiology**. JPEN 1991; 15(2): 207-11.

DRAIBE, S. A.; Kamimura, M. A.; Cuppari, L.; Santos, N. S. J. **Albumina sérica como marcador nutricional de pacientes em hemodiálise**. Campinas (SP), 2004.

FIGUEIREDO, P.; **Introdução à química alimentar**. 2009.

FRANCHETTI, Sandra Mara Martins e MARCONATO, José Carlos. **Polímeros biodegradáveis - uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos**. 2006, vol.29, n.4, pp.811-816. ISSN 0100-4042.

GIORA, Cintia; Avaliação de equivalência substancial e potencial de alergenicidade de cultivares de soja tolerantes ao herbicida glifosato. **São Paulo**, 2009.

GORNI, Antonio Augusto. **Introdução aos plásticos**. São Paulo. Disponível em: <http://www.torresnetworking.com/Sociesc/INTRODUCAO_AOS_PLASTICOS.pdf>. Acesso em: 12 mar.2017.

JUNIOR, W. E. F.; FRANCISCO, W.; Proteínas: Hidrólise, precipitação e um tema para o ensino de química.; **São Paulo**, 2006.

KORNER, I.; REDEMANN, K.; STEGMANN, R.; **Waste Manag.** 2005, 25, 409.

LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M. **Principles of biochemistry**. 2. ed., New York: Worth, 1993. 1013p.

LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. São Paulo (SP): Sarvier; 1995.

LINDEN G, Lorient D. **New ingredients in food processing: biochemistry and agriculture**. Boca Raton (FL): CRC Press; 2000.

MACHADO, F.; Lima, E. L. & Pinto, J. C. Uma revisão sobre os processos de polimerização em suspensão. **Rio de Janeiro**, 2007.

MALAJOVICH M.A.M. (2014). Bioplásticos. **Revista Ciencia Hoy** 23:138, 2014.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

MILES D. C. & Briston, J. H. "Polymer Technology", Temple Press Book, London, "Resistência Química". Boletim Técnico 4.04, **Polialden Petroquímica S. A.**, Abril/1998.

MIRANDA, Fernando; VASCONCELOS, Raphaella; LOBIANCO, Henrique; VENCESLAU, Fabio; LEITE, Leonardo. LIXO PLÁSTICO - DE SUA PRODUÇÃO ATÉ A MADEIRA PLÁSTICA. **Rio de Janeiro**, 2008.

MORASSI, O. J. Polímeros termoplásticos, termofixos e elastômeros. **Conselho Regional de Química IV Região (SP)**. São Paulo: Sinquisp. 2013.

OLIVEIRA, Michelle. Polímeros: O que são, suas aplicações e as áreas de formações técnicas e acadêmicas. **Rio de Janeiro**, 2013.

PIATTI, Tania Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. Plásticos: Características, usos, produção e impactos ambientais. **Série: Conversando sobre ciências em Alagoas**. 2005

PORTAL SÃO FRANCISCO. **História do plástico**. Disponível em: <<http://www.colegiosaofrancisco.com.br/alfa/plasticos/historia-do-plastico.php>>. Acesso em: 12 mar.2017.

REDDY, C. S. K.; GHAI, R; RASHIMI; KALIA, V. C.; **Bioresour. Technol.** 2003, 87, 137.

ROSA, D. S.; PÂNTANO-FILHO, R.; Biodegradação – um ensaio com polímeros, Ed. Moara: **São Paulo**, 2003.

SANSEVERINO, A. M.; *Quim. Nova* 2002, 25, 660.

SECOM. **Embaixada do Brasil em Tóquio: Estudo de mercado– Bioplásticos**. Disponível em: <<http://www.brasemb.or.jp/portugues/economy/pdf/Bioplasticos07.pdf>>. dez.2017.

SILVA, Maria; V. NAVES, Maria; OLIVEIRA, Rosicler; S. M. LEITE, Oneide; Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Campinas, SP**, 2006.

SILVA, T. F.; PENNA, A. L. B.; Colágeno: Características químicas e propriedades funcionais. **São José do Rio Preto, SP**, 2011.

SOUZA, R. O. M. A.; Miranda, L. S. M. Irradiação de micro-ondas aplicada à síntese orgânica: uma história de sucesso no Brasil. **Química Nova** **2011**, 24, 497.

TSUKUI, A.; Resende, C.M.; **Revista virtual de química**. Vol.6. No.6. 2014

VARMA, A. J.; **Polym. Degrad. Stab.**1999, 63, 1.

WATHEY, B.; Tierney, J.; Lidström, P.; Westman, J.; **Drug Discovery Today** 2002, 7, 373.

XAVIER, L.H; CARDOSO. R; MATOS. R. M; ADISSI. P. J. Legislação ambiental sobre destinação de resíduos sólidos: o caso das embalagens plásticas pós-consumo. **Bauru-SP**, 2006.