

**Polímeros Biodegradáveis:
Aplicação na Agricultura e sua Utilização como Alternativa para a Proteção Ambiental**

Rafael Machado Felix de Lima, Faculdades Integradas ASMEC/ UNISEP, Ouro Fino, MG
rafaelmachadolima@hotmail.com

M.Sc. Valdomiro Vagner de Souza, Centro Universitário de Itajubá (FEPI), Itajubá, MG
valdomirovagner@gmail.com

RESUMO

O crescente consumo de materiais, desde a era industrial, vem gerando resíduos que cada vez mais prejudicam o meio ambiente. O desenvolvimento de materiais sustentáveis, que agri- dam menos a natureza, tende a ser uma ótima alternativa tanto para a proteção ambiental, quanto para o desenvolvimento industrial. Deste modo, surgiram os biopolímeros. Estes novos materiais são obtidos através do processo de polimerização, que consiste no agrupamento de unidades monoméricas de fontes renováveis de carbono. O surgimento deste material biodegradável re- presenta uma nova fase da sustentabilidade que visa o desenvolver tecnológico juntamente com a preocupação ambiental. Estes novos produtos possuem menor tempo de degradação na natu- reza, acarretando, desta forma menor poluição. O presente artigo de revisão visa à descrição das vantagens da utilização de Polímeros Biodegradáveis na diminuição dos impactos ambientais causados pela crescente urbanização. Dar-se-á enfoque a aplicação dos mesmos na agricultura, valendo-se principalmente da utilização dos chamados Hidrogéis, tidos como agentes condicio- nadores de solo.

Palavras-chave: Polímeros, Biopolímeros, Reciclagem e Sustentabilidade.

**Biodegradable Polimers:
Application in Agriculture and the your use as an Alternative for Environmental Protection**

ABSTRACT

The increasing consumption of materials has been generating waste that has increasingly been affecting the enviroment since the industrial revolution. The development of sustainable materials tends to be a great choice both for environmental protection and for industrial develo- pment unless that does not violate the nature. Thus the biopolymers arise. These new materials are obtained through the polymerization process which consists of the assembly of monomeric units of renewable carbon. The emergence of this biodegradable material represents a new pha- se of sustainability which seeks to develop technology together with environmental concerns. These new products degrade in nature in shorter time gaps, thus resulting in a lower long term pollution rate. This review article aims to describe the advantages of Biodegradable Polymers in the reduction of environmental impacts caused by increasing urbanization. The focus is on the implementing of the Biodegradable Polymers in agriculture, using mainly the use of so-called hydrogels, considered as soil conditioners.

Key words: Polymers, Biopolymers, Recycling and Sustainability

INTRODUÇÃO

A evolução do homem modificou seu meio natural, gerando materiais, como os polímeros, que são amplamente utilizados nos dias atuais, melhorando a qualidade de vida da população. De acordo com SARDELLA & MATEUS (1991), os polímeros caracterizam-se como macromoléculas compostas por inúmeras unidades repetidas chamadas monômeros. De modo geral, os monômeros são unidades orgânicas que quando se ligam formam cadeias distintas, obtidas através de um processo conhecido como polimerização.

Geralmente os monômeros são obtidos de fontes não - renováveis, principalmente o petróleo, sendo assim, adquire uma característica desfavorável ao idealizado para o desenvolvimento sustentável.

Em contrapartida, novas fontes de monômeros tendem a surgir, originando materiais capazes de se degradarem naturalmente, não contaminando a natureza ou minimizando os impactos ambientais.

Existem atualmente inúmeros polímeros no mercado, classificados de acordo com sua natureza e composição, bem como a disposição espacial de suas moléculas, e os números de monômeros que integralizam dado polímero.

Pode-se classificar os polímeros seguindo sua natureza de formação, sendo: polímeros de adição, condensação, homopolímeros (apenas um tipo de monômero) ou copolímeros (mais de um tipo de monômeros). Ainda é possível classificar os polímeros em lineares, ramificados ou tridimensionais quanto sua disposição espacial. De outro modo, podem ser analisados dependendo da matéria prima de que o monômero é advindo, sendo polímero orgânico, origem na natureza, ou sintético, produzido em indústrias especializadas (Kotz et al, 2005).

De modo geral, para a síntese de materiais poliméricos sintéticos, geralmente

utilizam-se de reações de condensação ou adição (Pires, 2010).

Na reação por condensação, ao final de cada etapa, ocorre à formação de moléculas de natureza simples e a eliminação das mesmas. Os principais exemplos de polímeros formados a partir desta reação são os polímeros obtidos entre a reação de um ácido e uma amina, gerando as chamadas poliâmidas, como o nylon. A reação também pode ocorrer entre um ácido e um Éster, gerando os poliésteres. Se a reação ocorrer pela utilização dos isocianatos convertidos em uretanas, os produtos formados serão as poliuretanas, utilizadas em espumas de colchões. Todos estes polímeros possuem classificação como lineares, contudo existe dentro da reação de condensação um tipo específico de polímero obtido através da reação entre um ácido e uma resina fenol-formaldeído, dando origem a um polímero com classificação tridimensional e característica altamente rígida, a chamada Baquelite (Allinger et al, 2009).

Se a reação ocorrer por adição, ocorrerá a formação direta do produto polimérico sem a produção de sub-moléculas, geralmente nesta reação utiliza-se de monômeros contendo duplas ligações. O diferencial desta reação são os mecanismos empregados para a formação: aniônicos, catiônicos ou pela utilização de radicais livres. Os principais exemplos de polímeros desta categoria de formação são: os polietilenos, os poliestirenos, os poli (cloreto de vinila) ou Cloreto de polivinila, o Teflon e os polimetacrilato. (Master-ton & Slowinski & Stanitski, 1990).

Segundo Allinger et al (2009), normalmente os polímeros sintéticos (plásticos, elastômeros e fibras) utilizados atualmente na fabricação de materiais recebem nomes de acordo com sua natureza física, podendo classificar os principais polímeros de maiores pesos moleculares em: termoplásticos, termorrígidos (termofixos) e elastômeros.

Os termoplásticos são os de maior

circulação comercial e utilização do homem, possuindo propriedades que possibilitam a reciclagem. Analisando sua forma molecular, observam-se monômeros lineares, têm-se como exemplos: polietileno (PE), polipropileno (PP), poli (tereftalato de etileno) (PET), policarbonato (PC), poliestireno (PS), poli (cloreto de vinila) (PVC), poli (metilmetacrilato) (PMMA). Os termorrígidos são polímeros que durante a polimerização adquirem propriedades rígidas e de fácil quebra, com características que os tornam difíceis de reciclar. Sua forma molecular apresenta-se com inúmeros monômeros interligados entre si, formando uma rede tridimensional, como exemplo é possível citar a baquelite, usada em tomadas, caixas d'água, piscinas, por exemplo. Os elastômeros ou borracha apresentam propriedades que inviabilizam a sua reciclagem, pois a análise de suas moléculas apresenta semelhanças muito próximas aos termorrígidos, sendo diferente no processo de formação, visto que geralmente utiliza-se o método de vulcanização, que alonga a cadeia e a retrai ao mesmo tempo. São exemplos: pneus, vedações, mangueiras de borracha e solas de sapatos. As fibras são polímeros que se dispõem verticalmente, (considerando sua natureza mecânica), e sendo utilizado principalmente no ramo têxtil, para a fabricação de peças de vestuário. São classificadas em artificiais, naturais ou sintéticas (Kotz et al, 2005; SARDELLA & MATEUS, 1991; Allinger et al, 2009).

A desenfreada utilização de polímeros pelo homem gerou um crescente problema ambiental, debatido pela mídia e autoridades nos dias atuais. A poluição da natureza e a capacidade de decomposição dos mesmos, tendo-se como exemplo considerável as garrafas PET (poli - tereftalato de etileno) e as sacolas plásticas.

Desta forma, é possível compreender a enorme necessidade de desenvolver novos polímeros, que se deterioresem rapidamente na

natureza, ou seja, que não poluam a natureza em enorme escala de tempo. Tal assunto será abordado posteriormente.

POLÍMEROS – A NECESSIDADE DE SUBSTITUIÇÃO.

Se por um lado os polímeros auxiliaram durante décadas o desenvolver tecnológico do homem, também restaram os seus dejetos acumulados. Quando se utilizaram os polímeros no avanço tecnológico, foi deixada de lado a sua dificuldade de reciclagem. Um ótimo exemplo sobre a enorme capacidade de poluição de um polímero é possível citar o consumo de sacolas plásticas, conforme discutido anteriormente.

Segundo Monteiro (2007), o destino de sacolas plásticas de consumidores tende a seguir dois sentidos diferentes, o descarte *industrial* e *populacional*, sendo este último o de maior intensidade. A problemática surge quando se observa a origem dos monômeros utilizados na polimerização para a formação das sacolas plásticas. Estes são advindos principalmente do petróleo, ou seja, uma fonte não renovável. Deste modo, quando as sacolas plásticas são incineradas, gases poluentes são lançados na atmosfera. Um exemplo disso é o metano, que quando chega à atmosfera reage formando produtos que podem formar a chuva ácida ou em outra possibilidade, prejudicar a camada de ozônio, aumentando o diâmetro do “buraco” já existente na atmosfera.

Há ainda o agravante social, como a conscientização da população. Hoje na maioria dos comércios já é possível visualizar o corte no fornecimento de sacolas plásticas, contudo ao invés da população ver a ação como uma atitude sustentável, ocorre o contrário, inúmeras pessoas ficam revoltadas, pois isto viola um estigma instituído por um longo período que apresenta como obrigação a utilização de sacolas plásticas. É importan-

te salientar que o fato apresentado acima não representa a maioria das pessoas.

Analisando o quanto um ato de poluição em determinada esfera ambiental influencia outra esfera é possível compreender a dimensão de danos causados à natureza. No centro de tudo fica o homem, suas atitudes influenciam todas as esferas ambientais. O dejetos lançado ao solo é evaporado para a atmosfera e subsequente é condensado nas águas, voltando para o solo, indo para os lençóis freáticos e novamente para o homem, este é um ciclo inevitável, porém os poluentes lançados são controláveis.

O consumo desenfreado de materiais com degradação lenta preocupa inúmeros ambientalistas e chefes de estado. A idéia fixa de produzir e avançar tecnologicamente deve andar lado a lado com a preocupação de um futuro mais sustentável. Felizmente, existem estudos avançados envolvendo profissionais qualificados de diversas áreas, nos quais compartilham da mesma ambição: o desenvolver sustentável. São profissionais das áreas: Química, Biológica, Ambiental, Agronomia, Bioquímica, Engenharia de Produção, Engenharia Química, dentre outras que, juntas, poderão revolucionar a tecnologia já existente.

Para o controle de materiais poliméricos, ultimamente vem sendo desenvolvidas legislações que visam diminuir a emissão polimérica, desta forma, mundialmente está ocorrendo à aplicação de padrões de materiais, exigindo cada vez mais a preferência por materiais recicláveis ou biodegradáveis. Nesse ínterim, enquadram-se os polímeros biodegradáveis.

NOVA TECNOLOGIA: POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS COMO INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL

A crescente demanda na utilização de polímeros constitui um dos maiores avanços

tecnológicos realizados pelo homem. Por exemplo, em desenvolvimento de novos órgãos artificiais e implantes; na farmácia, para liberação controlada de fármacos; nos comércios quando se utilizam sacolas plásticas; nas indústrias como substituição de diversos materiais onde o custo é elevado, e até mesmo na agricultura, para diminuir a utilização de água na irrigação e controle de liberação de agrotóxicos em gerais para a eliminação de pragas.

Estes novos polímeros sofrem decomposição através das atividades enzimáticas de microorganismos, vírus, bactérias e outros seres biológicos, onde a decomposição é catalisada, diminuindo assim seu tempo de vida no meio ambiente. Seu processo de fabricação consiste na substituição das suas unidades monoméricas inicialmente constituídas por espécies advindas do petróleo (não-renováveis) por espécies renováveis como polissacarídeos, poliésteres ou poliamidas. Geralmente estas unidades renováveis de carbono são derivadas de plantas como, por exemplo, a cana de açúcar. (Scott, 1999).

De acordo com Pradella (2006), os Polímeros Biodegradáveis de maior importância para a sustentabilidade, são os *polilactato (PLA)*, *olihidroxicanoato (PHA)*, *polímeros de amido (PA)* e *xantana (Xan)*. O diferencial de cada um relaciona-se ao campo em que irá se empregar o mesmo; os PLA são poliésteres amplamente utilizados em *forrações de vestimentas*; os PHA e os PA são utilizados em produtos com pequena duração, como *embalagens plásticas*, por exemplo; já os Xantana são utilizados em meios de *produções alimentícias, exploração petrolífera e no mercado de cosméticos*.

O mercado de Biopolímeros, segundo Róz (2003), reconheceu a necessidade de reduzir a quantidade de polímeros convencionais (advindos de fontes não-renováveis) e substituir por novos “polímeros sustentáveis”. O mais notório tipo de polímero biodegradável é o *polímero de amido*, também cha-

mado de *amido termoplástico*. Este apresenta maior empregabilidade nos dias atuais, sendo utilizados em alguns produtos de ampla circulação como *sacos de lixo, filmes para proteger alimentos, fraldas infantis, hastes flexíveis com pontas de algodão para higiene pessoal*. Uma de suas aplicações mais úteis está na agricultura, onde o mesmo é utilizado na cobertura de solos e recipientes para plantas, reduzindo, desse modo, o tempo de degradação na natureza. Este tipo de material também está inserido no ramo farmacêutico, no preparo de cápsulas de medicamentos. Utiliza-se ainda, os biopolímeros usados em *talheres, pratos e copos descartáveis*, bem como na fabricação de materiais escolares.

Em relação às sacolas plásticas, podem-se verificar dois sistemas de remanejamento químico para a aceleração da decom-

posição na natureza. A primeira alternativa encontrada foi à utilização de polímeros vindos de amidos, que são degradados por ação biológica, como citado anteriormente. Na produção da sacola, pode-se adicionar outro aditivo químico, cuja sua base seja um sal químico, desse modo, quando as moléculas das sacolas plásticas reagirem com o oxigênio presente no ambiente, as mesmas sofrerão a quebra das moléculas de carbonos, aumentando assim a velocidade do processo de decomposição, catalisando o processo. Isso faz com que o tempo de degradação de cerca de 500 anos diminua para menos de 2 anos. Este tipo de material é chamado de *oxi-biodegradável*, ou seja, o processo de degradação ocorre em meios que contenham em grande escala o oxigênio (Monteiro, 2007). O processo segue conforme a figura abaixo:

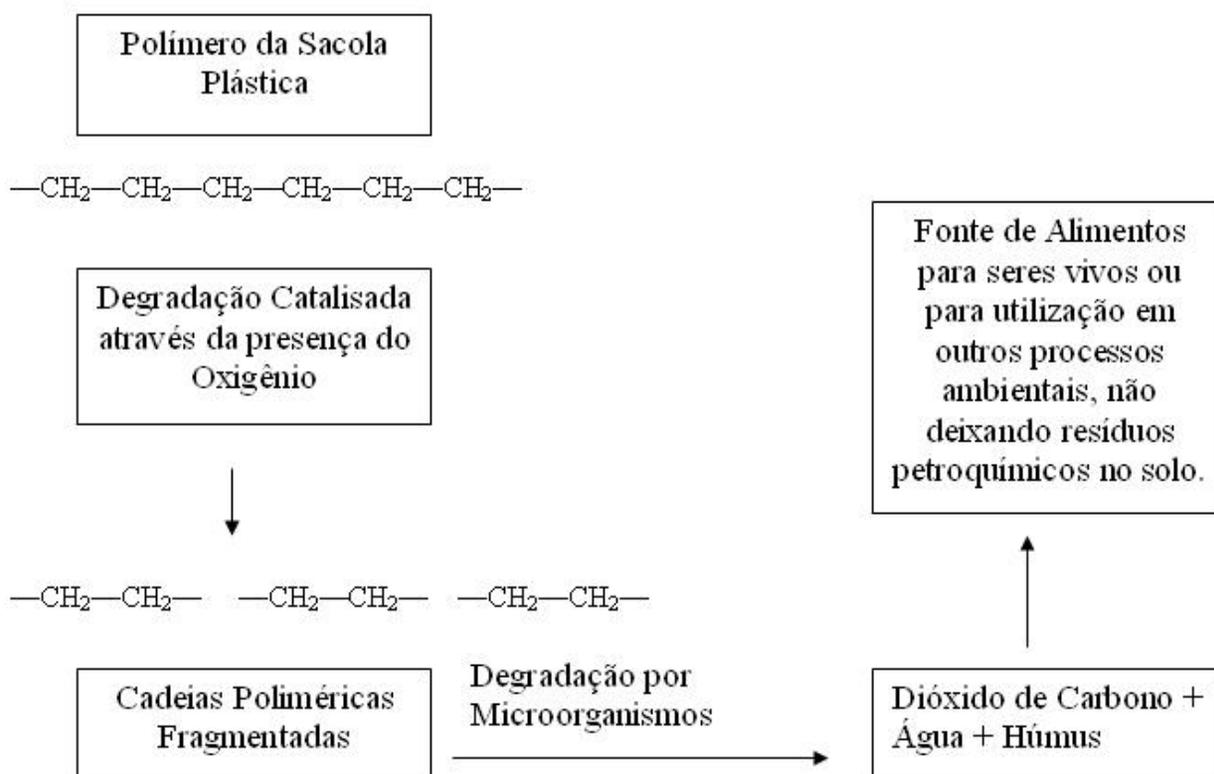


Figura 1: Processo de Oxi-Biodegradação da Sacola Plástica.

Contudo, apesar de serem economicamente mais baratas que os polímeros biodegradáveis, não resolvem totalmente o problema, pois apenas se decompõe na presença de oxigênio e isto nem sempre é uma realidade em lixões ou aterros sanitários.

POLÍMEROS NA AGRICULTURA

A utilização de polímeros em áreas correlacionadas com a agricultura iniciou-se para melhorar as técnicas já existentes. Para esta melhoria utilizaram-se polímeros de diversas procedências como auxílio em técnicas de suplementação de nutrientes para o solo, conservação de climas ideais, identificação e possíveis tratamentos de diversas patologias que afligem o reino *Planta*. O desenvolvimento de novos materiais a base de polímeros, para vasos de mudas, agentes de liberação de agroquímicos e principalmente para a contenção de água nos solos por longos períodos também é uma alternativa considerável. (Pradella, 2006)

Segundo OLIVEIRA (2004), este avanço na utilização de novos materiais na agricultura iniciou-se por volta da década de 80 no Brasil. Os estudos envolvendo tais materiais se alastraram para os demais continentes, envolvendo principalmente as regiões Norte Americana e Europa. Novas técnicas surgiram para substituir o método rudimentar de produção, dando espaço para o avanço científico. Pesquisas recentes indicaram um novo polímero conhecido como Hidrogel que, em grande contexto teórico e prático, retém a água nos solos prolongando o espaço de tempo para a irrigação, sendo em certos casos utilizados juntamente com agroquímicos para liberação controlada dos mesmos. Este polímero foi descoberto inicialmente nos anos 1950 e vem sendo melhorado e comercializado a partir do ano de 1982, onde se iniciaram as pesquisas do mesmo.

Entende-se por Hidrogel as substân-

cias compostas essencialmente por unidades monoméricas de acrilamida que juntas formam o polímero de poli(acrilamida). Este monômero é fundamental para a formação polimérica, sendo derivado do ácido acrílico, quando se adicionam compostos que substituem as Hidroxilas (OH) das carboxilas por $-NH_2$ (grupo amino). (Katime et al, 2005 & Akelah, 1990).

A aplicação em solos segue padrões reconhecidos por agrônomos. Primeiramente, adiciona-se o substrato à base do polímero, juntamente com soluções de fertilizantes. Quando o solo é irrigado, estes polímeros se hidratam retendo a água utilizada, subsequente disponibilizam a mesma água para as plantas enxertadas ao solo, isso ocorre por um longo período de tempo. Isso foi comprovado em diversos estudos já publicados. Outra vantagem sobre a capacidade de retenção e distribuição de água é o fato de os mesmos serem bons condicionadores de solos, ou seja, capazes de fazer o equilíbrio necessário entre nutrientes, minerais e futuros agroquímicos utilizados. Isso proporciona as plantas os crescimento em períodos de tempo menores que o esperado. (AZEVEDO, BERTONHA, ANDRADE, 2002)

Infelizmente, existem poucas publicações relatando o uso destes Hidrogéis. Estabelecendo-se uma comparação com outras pesquisas da área, é possível salientar como é defasado o número de pesquisas nesse campo de estudo.

Alem da sustentabilidade, pode-se prever, *a priori*, a utilização destes polímeros em épocas de crises, já que os mesmos manteriam adequados os níveis de água no solo, através da liberação controlada e contínua da mesma, evitando a escassez de alimentos. (Dusi, 2005)

De modo geral, pesquisas voltadas para estes hidrogéis poliméricos devem ser incentivadas, já que o futuro da agricultura entra em questão. Melhorando a qualidade de produção também se melhora a qualidade de

vida das pessoas que consomem diretamente os itens de produção. Poderiam haver ainda melhorias na economia, visto que a agricultura teria intenso incentivo para o aumento de produção, e esta produção seria continua durante todo o ano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise da literatura e da atual situação do planeta é possível verificar que o desenvolver de novas técnicas e materiais são essenciais. Não é possível mais a utilização de antigos polímeros, pois os dejetos presentes na natureza ultrapassam os limites aceitáveis, se é que existem. Os polímeros biodegradáveis são em suma uma ótima alternativa a ser trabalhada, apesar de ainda possuir elevado custo econômico e, infelizmente, a carência de estudos. A partir do desenvolvimento de novos materiais biodegradáveis, tornar-se-á possível uma nova era na agricultura, possibilitando, portanto, o desenvolvimento econômico, centrado em uma política mais ecológica e sustentável.

REFERÊNCIAS

AKELAH, A. Applications of Functionalized Polymers in agriculture. From Department of Chemistry, Tanta University, Tanta, EGYPT Journal of Islamic Academy of Sciences v.3 n.1, 49-61, 1990.

ALLINGER, N.L.; CAVA, M.P.; DE JONGH, DON C; JOHNSON, C.R; LEBEL, N. A; STEVENS, L.C. Química Orgânica. 2ªed. Rio de Janeiro. LTC. 2009. 961p.

AZEVEDO, T.L.F; BERTONHA, A; GONÇALVES, A.C.A. Uso de Hidrogel na Agricultura. Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.1, n.1, p.23-31, 2002. Acesso em: < www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol1/3_artigo_v1.pdf>

DUSI, D. M. Efeito da adição do polímero hidrorretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* CV. *BASILISK*, em dois diferentes substratos. 2005. 83f. Dissertação (Mestrado Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em:

KATIME, I.A.; KATIME, O.; KATIME, D. Materiales Inteligentes: Hidrogeles Macromoleculares. Algunas Aplicaciones Biomédicas. Anales de la real Sociedad Española de Química. Segunda Época Octubre-Diciembre, 2005.

KOTZ, J.C.; TREICHEL JR, P.M. Química Geral e Reações químicas. Tradução técnica Flávio Maron Vichi – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005. 696p.

MASTERTON, W.L; SLOWINSKI, E.J; STANITSKI, C.L. Princípios de Química. 6ªed. Rio de Janeiro. LTC. 1990. 681p.

MONTEIRO, C. “HowStuffWorks - Por que os ecologistas querem acabar com as sacolinhas de plástico?”. São Paulo, São Paulo. 23 Out. 2007. Acesso em 10 Jul. 2010. Online. Disponível em <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/sacola-plastico.htm>>.

OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M.A.; MIRANDA, G.V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental* [online]. 2004, vol.8, n.1, pp. 160-163. ISSN 1415-4366. Disponível em: < www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n1/v8n1a23.pdf>

PIRES, A. T.; SOLDI, V. A era dos plásticos, uma síntese de nossa época. Revista Eletrônica QMCWEB, Universidade Federal de Santa Catarina, a4. Acesso em 10 Jul. 2010. Online. Disponível em < <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/polimeros.html>>

PRADELLA, J. G.C. Biopolímeros e Intermediários Químicos. São Paulo: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – MDIC. Centro de Tecnologia de Processos e Produtos. 2006. p 1 – 119. (Relatório Técnico nº 84 396-205). 2006. Acesso em: < www.anbio.org.br/pdf/2/tr06_biopolimeros.pdf >.

RÓZ, A. L.; GIESSE, R. O Futuro dos Plásticos: Biodegradáveis e Fotodegradáveis. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol 13, nº 4, 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282003000400003&script=sci_arttext >

SARDELA, A; MATEUS, E. Curso de Química – Volume 3: Química Orgânica. 7ªed. São Paulo. Ática. 1991. 455p.

SCOTT, G. Polymers and the Environment. Birmingham, UK. RSC Paperbacks (The Royal Society of Chemistry). 1999. CB4 OWF. ISBN 0-85404-578-3. 148p.