DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL A BASE DE PLA E CASCA DE CENOURA

GODINHO; Grace Kelly da Silva[1], OLIVEIRA; Renata Nunes[2],

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

gksgodinho@gmail.com

RESUMO

Com o crescente consumo de embalagens plásticas e o impacto negativo de seu descarte inadequado e a saturação dos aterros sanitários e lixões, as embalagens de alimentos biodegradáveis representam uma solução. O poli (ácido lático) - PLA é um polímero muito utilizado em estudos para embalagem pois é ecologicamente correto, biodegradável e compostável, mas existe algumas desvantagens em suas propriedades. O melhoramento dessas propriedades utilizando misturas de cascas e sementes de alimentos tem mostrado bons resultados e pode ser uma estratégia para a diminuição do desperdício de resíduos de alimentos. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de embalagem biodegradável a base de PLA com a incorporação de casca de cenoura, visando o reaproveitamento de resíduos e a biodegradação de embalagens poliméricas. Deste modo, foram confeccionadas amostras nas porcentagens de 0, 5, 10, 15 e 25 p/p% de casca de cenoura em PLA. Foram feitos testes de degradação em quatro meios diferentes: ácido, básico, água e terra adubada. Os resultados mostram que as amostras em meio aquoso mantiveram praticamente o peso idêntico ao inicial, em meio ácido e básico houve ganho de massa, já em terra adubada obtiveram perda de massa significativas.

ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

Palavras-chave: Embalagem biodegradável; PLA; casca de cenoura.

ABSTRACT

The increasing use of plastic packaging and the negative impact of its improper disposal and the saturation of landfills and dumps, the biodegradable packaging represents a solution. Poly (lactic acid) - PLA is a polymer widely used in packaging studies because it is environmentally friendly, biodegradable and compostable, but there are some disadvantages in its properties. The improvement of these properties using mixtures of peels and seeds of food has shown good results and can be a strategy for the reduction of waste of food residues. In this context, the goal of this work was to develop biodegradable packaging based on PLA and carrot peel, aiming at the reuse potential food waste, where the biodegradation of polymeric packaging is an important factor. The samples were prepared with 0, 5, 10, 15 and 25 w / w% of carrot peel in PLA. Degradation tests were carried out in four different media: acid, basic, water and composted soil. The results show that the samples in fertilized soil had more significant mass loss.

Keywords: biodegradable packaging; PLA; carrot peel.

INTRODUÇÃO

Segundo (MMA, [s.d]) "*um terço do lixo doméstico é composto de embalagens. Cerca de 80% das embalagens são descartadas após usadas apenas uma vez*". Em torno de um quinto do lixo do Brasil é constituído por embalagens. Cerca de 25 mil toneladas de embalagens encerram a vida útil em aterros sanitários. Estas embalagens que poderia estar sendo reciclada e/ou reutilizada, o descarte inadequado contribui para a saturação dos aterros e lixões, dificultam a degradação de outros resíduos e aumentam os danos ambientais (MMA, [s.d]).

ISBN: 978-65-89908-00-5

Uma solução para esses danos ambientais é a utilização de polímeros biodegradáveis, materiais ambientalmente corretos. De acordo com (SHEAVLY e REGISTER, 2007) além da educação e da legislação, algumas soluções para o problema dos plásticos virão de tecnologias inovadoras que aumentarão a biodegradabilidade e a fotodegradabilidade dos plásticos. Entretanto, essas estratégias de mitigação não eliminarão a necessidade de educação ambiental da sociedade. Existem alternativas para alguns dos materiais e produtos que atualmente são usados e podem ser menos prejudiciais ao meio ambiente, mas o gerenciamento de resíduos precisaria ser aprimorado. Em virtude dessa preocupação com o meio ambiente, são desenvolvidas alternativas de novos materiais para fabricação de embalagens ambientalmente corretas, como os polímeros verdes e os polímeros biodegradáveis (LANDIM, 2016).

Os polímeros verdes são sintetizados com matéria-prima proveniente de fontes renováveis, mas não são biodegradáveis. Polímeros biodegradáveis são polímeros nos quais a degradação é realizada pela ação de micro-organismos como bactérias, algas e fungos, que convertem o material em biomassa, dióxido de carbono e água, podendo ser consumidos em semanas ou meses sob condições favoráveis de biodegradação (G. F. BRITO, 2011).

Dentre os polímeros biodegradáveis mais conhecidos tem-se o poli (ácido lático) - (PLA). O PLA é um dos principais biopolímeros da categoria dos biodegradáveis, devido às propriedades físicas e mecânicas do material (SILVA, OLIVEIRA e ARAÚJO, 2014). Como o PLA é compostável e derivado de fontes renováveis, foi considerado uma das soluções para os problemas de descarte de resíduos sólidos e para diminuir a dependência de plásticos à base de petróleo para materiais de embalagem. Embora o PLA possa ser processado em equipamentos de conversão padrão com modificações mínimas, suas propriedades únicas devem ser levadas em consideração para otimizar a conversão do PLA em peças, filmes, espumas e fibras moldadas. (L.-T. LIM, 2008).

ISBN: 978-65-89908-00-5

Em relação aos materiais para embalagens de alimentos, manter a integridade, o sabor e ainda aumentar a vida de prateleira dos alimentos é uma preocupação para as inovações tecnológicas na área, como por exemplo as embalagens biodegradáveis feitas com matrizes poliméricas de fontes renováveis e aditivos naturais (MACHADO, B, *et al.*, 2014). Os biopolímeros são geralmente instáveis, o que torna suas propriedades de barreiras não adequadas para embalagem de alimento. A incorporação de aditivos a esses biopolímeros revela melhora nas suas propriedades. Os resíduos orgânicos como cascas e polpas de frutas e legumes vem mostrando bons resultados como aditivos para melhorar as propriedades desses polímeros biodegradáveis.

A indústria de alimentos produz grandes volumes de resíduos sólidos e líquidos, resultantes da produção, preparação e consumo de alimentos. Esses resíduos representam uma disposição crescente e problemas de poluição potencialmente graves e representam perda de biomassa e nutrientes valiosos. Eles costumavam ser descartados ou usados sem tratamento para ração animal ou como fertilizantes. Devido à crescente necessidade de considerar aspectos que visam evitar a poluição do meio ambiente, bem como por motivos econômicos, e a necessidade de economizar energia, novos métodos e políticas para o manuseio de resíduos e tratamento foram introduzidos na recuperação, bioconversão e utilização de constituintes valiosos dos resíduos do processamento de alimentos. Os resíduos de processamento de alimentos podem ter potencial para conversão em produtos úteis de valor agregado, ou mesmo como matéria-prima para outras indústrias (LAUFENBERG, KUNZ e NYSTROEM, 2003).

Dentre os resíduos de alimentos está a cenoura, pertence ao grupo de raízes tuberosas, rico em compostos bioativos como carotenóides e fibras com propriedades potencialmente aplicáveis. O α e β caroteno são bastante utilizados na indústria farmacêutica e alimentícia. Os carotenóides são utilizados também como pigmentos naturais, estes são responsáveis pela coloração que vai do amarelo ao vermelho. É uma

ISBN: 978-65-89908-00-5

raiz bastante popular e mundialmente cultivada (SHARMA, KARKI, *et al.*, 2012), (SOUSA, 2008). Os valores nutricionais da cenoura são praticamente idênticos tanto na polpa quanto na casca. As polpas e cascas de cenoura submetidas ao cozimento a vapor mostraram que a casca de cenoura manteve os valores de proteínas elevados. Nas cascas de cenoura os minerais se mantiveram mais elevados do que na polpa (PIGOLI, VIEITES e DAIUTO, 2014).

Como existe grande produção de cenoura, também ocorrem grandes desperdícios entre o cultivo e o consumo final. Dentre os desperdícios tem-se: o vegetal não visualmente atrativo (deformação, rachaduras, injuria por pragas ou doenças), perdas no processo de produção nas agroindústrias, perda no transporte inadequado dos vegetais (ZARO, 2018). Visando o reaproveitamento, produção limpa e buscando a sustentabilidade, considera-se a casca de cenoura com propriedades adequadas para o reaproveitamento em confecção de embalagens biodegradáveis. Pode ser adicionada como carga/aditivos para melhoramento nas propriedades da embalagem. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estudar o reaproveitamento de cascas de cenoura na matriz de PLA e verificar sua influência na degradação do material.

METODOLOGIA

Materiais

Para a preparação das amostras foram utilizados Poli ácido lático – PLA (3dlab®); Diclorometano (ER do Brasil); Cascas de Cenoura – obtidas no município de Seropédica, comércio local; Higienizador de verduras e legumes (Clor In). Para os ensaios de degradação das amostras foram utilizados Água filtrada, Terra adubada (GRILO'S MINHOCÁRIO), Bicarbonato (C2 ALIMENTOS), Vinagre (PEIXE). Os equipamentos utilizados para preparação e ensaio das amostras foram Balança Digital, Estufa de

ISBN: 978-65-89908-00-5

Secagem (NOVAINSTRUMENTS), triturador (BRITÂNIA 900W), agitador magnético (CORNING STIRRER), pHmetro e termômetro (SATRA PHS-3E).

Métodos

Preparação das amostras

Inicialmente foram preparadas as cascas de cenouras, todas passaram por uma lavagem e foram colocadas em 1 litro de água com 20 gotas do higienizador por 15 minutos. Em seguida foram pré-secadas ao ambiente e posteriormente na estufa (50ºC) por 5 horas, para a secagem total das cascas e em seguida feita trituração. As amostras foram preparadas nas porcentagens de 0, 5, 10, 15 e 25 p/p% de casca de cenoura em PLA. O preparo das amostras consistiu em misturar PLA e casca de cenoura e adicioná-los em 36ml de diclorometano. As misturas foram colocadas no agitador magnético e após completa dissolução do PLA, as misturas foram vertidas em placas de petri (ϕ90mm) e mantidas estáticas por 48 horas para completa evaporação do diclorometano.

Teste de Degradação

Os testes de degradação foram realizados em 4 meios diferentes. Para todos os meios, foram cortadas 3 amostras de cada composição com variação de massa entre 0,14 e 0,18 g. O teste de degradação em solo, as amostras foram colocadas em terra adubada, sendo colocadas a aproximadamente 1,5 cm de profundidade. Uma vez por semana as amostras foram regadas com 5 ml de água filtrada. Também uma vez por semana as amostras eram retiradas, pesadas e recondicionadas em solo. No teste de degradação na água, as amostras foram submersas em 25 ml de água filtrada. A cada 7 dias o peso das amostras era registrado, bem como troca da água com as devidas verificações do pH e temperatura. O teste de degradação para meio ácido, em um recipiente com água foi adicionado vinagre até pH entre 3 e 4 fosse alcançado. Para o teste em meio básico, foi adicionado

ISBN: 978-65-89908-00-5

bicarbonato de potássio em um recipiente com água até que o pH atingisse valores entre 9 e 10. A cada 7 dias eram aferidos massa das amostras (em triplicata) e o pH dos meios.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aspecto macroscópio das amostras

O aspecto visual das amostras de PLA, PLA-5, PLA-10, PLA-15, PLA-25 pode ser observada na figura 1.

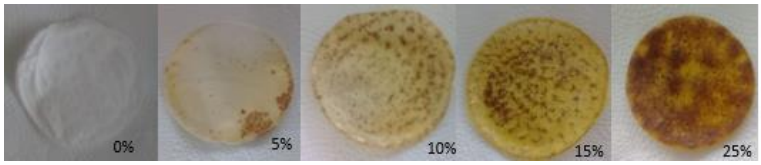

Figura 1 – Aspecto visual das amostras.

A amostra PLA, que não contém cascas de cenoura, apresenta um aspecto homogêneo, sem a presença de partículas insolúveis e uma coloração branca. Apresenta uma leve rugosidade, maleável e flexível. A amostra PLA-5% casca de cenoura apresenta coloração amarelo-claro, com transparência e com a presença de partículas visíveis. Apresenta superfície lisa, maleável e com flexibilidade. As amostras PLA-10 e PLA-15 apresentam coloração amarela, com presença de partículas visíveis. Apresentam uma leve rugosidade, com flexibilidade menor que as amostras anteriores. A amostra PLA-25, que contém 25% de casca de cenoura, apresenta coloração amarelo-escuro, com a presença de partículas em toda sua superfície. Apresenta rugosidade, entretanto apresenta a menor flexibilidade dentre as amostras. Essa diminuição da flexibilidade pode ser devido a grande quantidade de partículas de cenoura. Mas de acordo com (ZHANG e N, 2005) e (NOFAR, SALEHIYAN e RAY, 2019) a desvantagem para PLA usado como um plástico é sua baixa flexibilidade ao suportar a carga, sendo as amostras com teor intermediário

ISBN: 978-65-89908-00-5

de cenoura, com características em potencial. Pode ser observado que a amostra PLA-5 tem a superfície mais lisa que as demais.

Teste de degradação

As amostras em água mantiveram praticamente peso idêntico ao inicial, apenas as amostras de PLA-25 apresentaram ganho de massa, Figura 2. Quando imersos em um meio aquoso, os produtos à base de PLA podem absorver água, quando começa a clivagem autocatalítica das ligações éster. Mais tarde, degradação na superfície torna-se mais lenta do que no interior por causa da liberação de oligômeros ácidos solúveis em água e ácido lático, enquanto aqueles localizados no interior, permanecem imóveis. No final, todo o interior é composto de oligômeros solúveis em água, e uma estrutura oca é formada, por causa da liberação de compostos para o meio, enquanto a degradação da superfície continua lentamente (ZHANG e N, 2005).

As amostras em meio ácido e básico apresentaram um pequeno aumento de massa (no último meio, devido a prováveis depósitos de bicarbonato na superfície das amostras), Figura 4 e 5 . As amostras PLA, PLA-5 e PLA-25 em solo apresentaram uma pequena perda de massa em 50 dias, enquanto as amostras de PLA-10 e PLA-15 mantiveram as massas, Figura 3. Todas as amostras na terra tiveram sua aparência modificada, envelhecida e quebradiça. Estudos feitos por (MEEKUM e KHIANSANOI, 2018), mostraram que a degradação em compostagem de amostra PLA/silicone apresentou resultados positivos, em 10 semanas foi desintegrada em pequenos pedaços, da mesma forma que o PLA puro. Mostrando que o PLA/silicone sofre degradação de maneira semelhante ao PLA puro.

As amostras PLA, PLA-5, PLA-25 em meio ácido apresentaram massas estáveis, Figura 4. As amostras de PLA-10 e PLA-15 apresentaram pequena perda de massa. De acordo com estudos feitos por (TSUJI e NAKAHARA, 2002), mostraram que a hidrolise do Poliácido lático em meio ácido apresentou uma perda de massa insignificante. Esses

ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

resultados indicam que os efeitos catalíticos dos íons hidrônio desses ácidos são muito pequenos, independentemente do tipo de ácidos, e a durabilidade dos filmes em meio ácido é muito semelhante àqueles do meio alcalino (TSUJI e NAKAHARA, 2002).

Em meio básico todas as amostras apresentaram significativa perda de massa em relação ao dia 15 do teste voltando praticamente ao seu peso inicial, mas houve uma mudança no seu aspecto, mais quebradiço e frágil. O acumulo de bicarbonato na superfície das amostras pode ter provocado sua fragilidade.

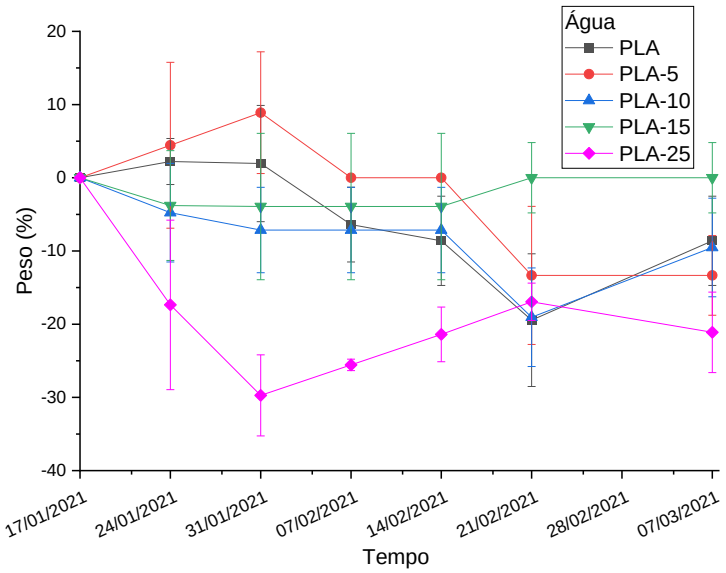

Figura 2 – Comportamento das amostras no teste de degradação na água.

ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

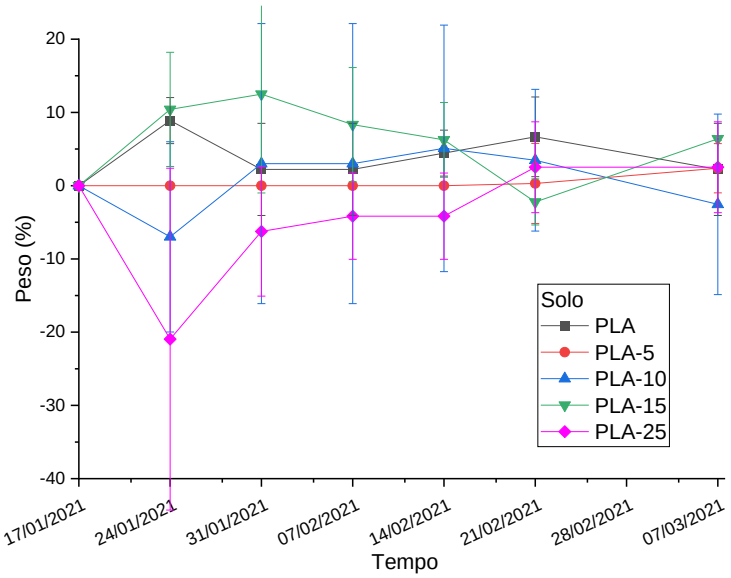

Figura 3 – Comportamento das amostras no teste de degradação em solo.

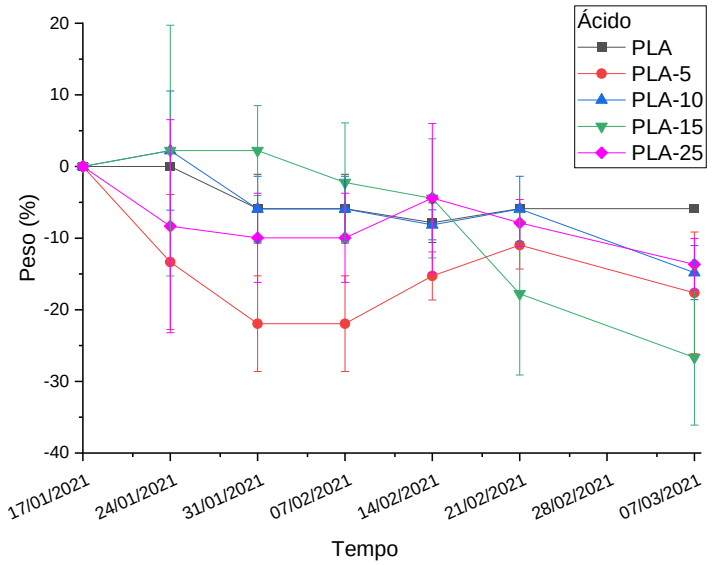

Figura 4 – Comportamento das amostras no teste de degradação em meio ácido.

ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

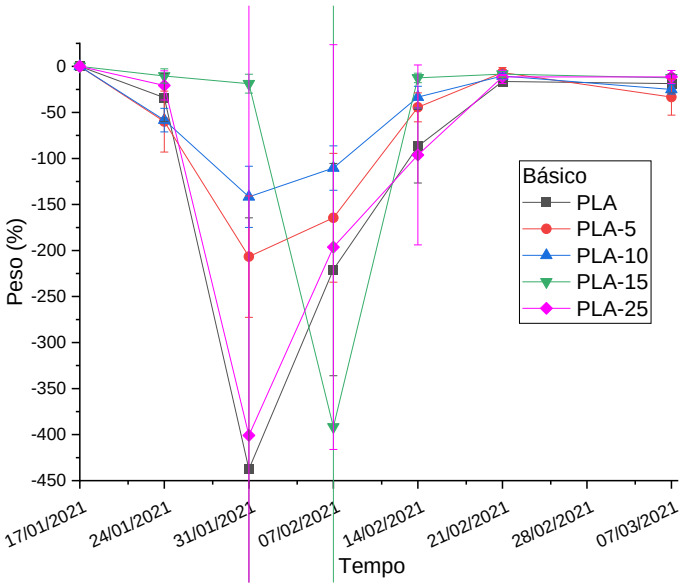

Figura 5 – Comportamento das amostras no teste de degradação em meio básico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes de degradação em solo mostraram os melhores resultados para a perda de massa das amostras e aparência envelhecida. Os resultados em meio ácido e aquoso foram de aumento de massa. As amostras em meio básico tiveram um grande aumento de massa nos primeiros quinze dias de teste, devido aos resíduos de bicarbonato que agregaram na superfície, em seguida as amostras perderam massa e estabilizaram até os cinquenta dias de teste. As amostras em meio básico ficaram quebradiças. Os testes demonstraram que a degradação em solo é a melhor e mais rápida opção em relação a biodegradação do PLA/cenoura. As amostras de PLA-5, PLA-15 e PLA-25 apresentaram perda de massa significativa em comparação ao PLA puro, mostrando que a incorporação da cenoura pode influenciar positivamente na degradação e na estabilização do PLA.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, J. S. **Impacto ambiental e ingestão de lixo pelas tartarugas verdes (Chelonia mydas) na praia de Regência, norte do Espírito Santo**. Monografia - (Bacharel em Ciências Biológicas - UFES). Vitoria - ES, p. 46. 2015.

G. F. BRITO, P. A. E. M.. A. T. J. A. M. Biopolímero, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Remap**, p. 127-139, 2011.

L.-T. LIM, R. A. M. R. Processing technologies for poly(lactic acid). **ELSEVIER**, p. 820-852, 2008.

LANDIM, A. P. M. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Scielo**, p. 82-92, 2016.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. **Elsevier Science Ltd**, v. 87, p. 167-198, 2003. Bioresource Technology.

MACHADO, B. A. S. et al. OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE DA FIBRA DE COCO VERDE E INCORPORAÇÃO EM FILMES. **Quimíca Nova**, v. 37, n. 8, p. 1275-1282, Agos 2014.

MEEKUM, U.; KHIANSANOI, A. PLA and two components silicon rubber blends aiming for frozen foods packaging applications. **Journal Elsevier - Results in physics**, v. 8, p. 79-88, Março 2018. Disponivel em: <www.journals.elsevier.com/results-in-physics>. Acesso em: 18 Março 2021.

MMA. Impacto das Embalagens no Meio Ambiente. **www.mma.gov.br**, [s.d]. Disponivel em: <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/impacto-das-embalagens-no-meio-ambiente.html>. Acesso em: 8 Julho 2020.

NOFAR, M.; SALEHIYAN, R.; RAY, S. S. Rheology of poly (lactic acid)-based systems. **Polymer Reviews**, v. 59, p. 465-509, 30 Março 2019. Disponivel em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15583724.2019.1572185>. Acesso em: 28 Janeiro 2021.

PIGOLI, D. R.; VIEITES, R. L.; DAIUTO, É. R. ALTERAÇÕES NUTRICIONAIS EM CASCA E POLPA DE CENOURA DECORRENTE DE DIFERENTES MÉTODOS DE COZIMENTO. **Energia na Agricultura**, Botucatu, SP, v. 29, n. 2, p. 121-127, Abril - junho 2014.

RAFAEL AURAS, B. H. S. S. An Overview of Polylactides as Packaging Materials, p. 835-864, 18 junho 2004.

RUCHA V. MOHARIR, S. K. Challenges Associated with Plastic Waste Disposal and Allied Microbial Routes for its Effective Degradation: A Comprehensive. **Journal of Cleaner Production**, 2018.

SHARMA, K. D. et al. Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. **Springer**, p. 22 -32, 2012. DOI 10.1007/s13197-011-0310-7.

SHEAVLY, S. B.; REGISTER, K. M. Marine Debris & Plastics: Environmental Concerns, Sources, Impacts and Solutions. **Journal of Polymers and the Environment** , v. 15, p. 301-305, 2007. DOI 10.1007/s10924-007-0074-3.

SILVA, M. C.; OLIVEIRA, S. V. D.; ARAÚJO, E. M. Propriedades Mecânicas e Térmicas de Sistemas de PLA e PBAT/PLA. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, p. 112-117, 2014.

SOUSA, R. M. D. D. D. **Aproveitamento do resíduo oriundo do processamento mínimo de cenoura no desenvolvimento de novos produtos alimentícios**. Dissertação (Dissertação em Nutrição Humana) - UnB. Brasília - DF, p. 137. 2008.

TSUJI, H.; NAKAHARA, K. Poly(L-lactide). IX. Hydrolysis in Acid Media. **Applied Polymer Science**, v. 86, p. 186-194, Julho 2002. Acesso em: 13 Março 2021.

ZARO, M. **Desperdício de alimentos:** velhos hábitos, novos desafios. Caxias do Sul: Educs, 2018. 419 p. https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/e-book-desperdicio-de-alimentos-velhos-habitos.pdf.

ZHANG, J.- F.; N, X. S. U. Poly(lactic acid)-based bioplastics. In: SMITH, R. **Biodegradable polymers for industrial applications**. [S.l.]: Copyright © 2005 Woodhead Publishing Limited, 2005. Cap. 10, p. 251-288. https://www.sciencedirect.com/book/9781855739345/biodegradable-polymers-for-industrial-applications.