



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS A PARTIR
DO AMIDO DO ARROZ VERMELHO**

Katiane Araújo do Bomfim

Orientadora: Prof. Dra. Plúvia Oliveira Galdino

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho

POMBAL – PB

2019

Katiane Araújo do Bomfim

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS A PARTIR
DO AMIDO DO ARROZ VERMELHO**

Monografia apresentada a coordenação do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, como requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof. Dra. Plúvia Oliveira Galdino

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho

POMBAL-PB

2019

B713e Bomfim, Katiane Araújo do.
Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis a partir do amido do arroz vermelho / Katiane Araújo do Bomfim. – Pombal, 2019. 40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019.

“Orientação: Profa. Dra. Plúvia Oliveira Galdino”.

“Coorientação: Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho”.

Referências.

1. Filme biodegradável. 2. Bioplástico. 3. Biodegradação. 4. *Oryza sativa* L. I. Galdino, Plúvia Oliveira. II. Andrade Sobrinho, Luiz Gualberto. III. Título.

CDU 678.552-026.85(043)

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS A
PARTIR DO AMIDO DO ARROZ VERMELHO**

Monografia apresentada a coordenação do curso de Engenharia de Alimentos da
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG como requisito para obtenção do
grau de Engenharia de Alimentos.



Katiane Araújo do Bomfim

Trabalho de conclusão de curso aprovado em: 24/11/2018

Banca examinadora



Orientadora

Prof. Dr. Plúvia Oliveira Galdino
(UFCG/CCTA/UATA)



Examinador interno

Prof. Dr. Adriano Sant'Ana Silva
(UFCG/CCTA/UATA)



Examinador externo

Rosenildo dos Santos Silva
(Engenheiro de Alimentos)

POMBAL - PB

2019

*Ao meu pai, Saturnino Olímpio do
Bomfim (em memória), com todo meu amor,
DEDICO.*

*A minha mãe, Ana Rufino de Araújo e
meus queridos irmãos, OFEREÇO.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela dádiva da minha vida.

Aos meus pais, Saturnino Olímpio do Bomfim e Ana Rufino de Araújo, que com todo seu amor, paciência, ensinamentos e esforços sempre me apoiaram e incentivaram a ser uma pessoa melhor e a resistir e superar os momentos difíceis.

À minha querida irmã, Adriana Araújo do Bomfim por todo amor, carinho e amizade que preenche meu coração.

Aos meus queridos irmãos Altamirando Araújo do Bomfim e Leandro Araujo Bomfim por todo amor, cuidado, proteção e companheirismo.

Aos meus amados sobrinhos, Wesley, Gabriel, Bianca, Ana Júlia e Davi por todo amor e ternura de sempre.

Ao meu cunhado William, assim como minhas cunhadas Cláudia e Verônica por sua amizade e apoio.

À minha grande amiga, Maria por sua amizade e companheirismo em todos os momentos.

À João Paulo, por todo amor, companheirismo e amizade.

À professora, Plúvia Oliveira Galdino por sua orientação, ensinamentos, paciência e amizade ao longo do curso e durante a realização do trabalho.

Ao professor, Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho por sua orientação e ensinamentos.

A todos os professores da graduação, pelos ensinamentos compartilhados.

Ao professor, Adriano Sant'Ana Silva por todo ensinamento compartilhado.

Às minhas amigas, Fabiana, Tainá, Bianca e Hévila por sua amizade.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho e ao longo da graduação sejam com ensinamentos ou amizade, meus agradecimentos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação dos biofilmes.....	19
Tabela 2 - Parâmetros subjetivos de continuidade, homogeneidade e manuseabilidade dos biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho.....	23
Tabela 3 - Valores médios da espessura e gramatura dos biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho.....	25
Tabela 4 - Valores médios dos padrões de luminosidade*; intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) e diferença total de cor (ΔE) dos biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho.....	26
Tabela 5 - Valores médios da atividade de água.....	28

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
1-INTRODUÇÃO	10
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1-A cultura do arroz vermelho	12
2.2- Amido de Arroz	13
2.3- Gelatinização do amido.....	14
2.3– Biofilmes.....	15
2.4- Plastificantes	16
2.5- Alginato	17
3- MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1- Matéria prima	18
3.1.1- Extração do amido de arroz	18
3.1.2–Elaboração dos biofilmes	19
3.1.3– Caracterização física dos biofilmes	20
3.1.3.1- Análise subjetiva	20
3.1.3.2 - Espessura e gramatura	20
3.1.3.3– Cor.....	21
3.1.3.4- Atividade de água	21
3.1.3.5- Biodegradabilidade: degradação em solo	22
3.1.4- Análise estatística	22
4-RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1- Análise subjetiva	23
4.2- Espessura e gramatura	24
4.3- Cor	26

4.4- Atividade de água	28
4.5- Biodegradabilidade	29
5- CONCLUSÃO	31
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Trabalho de conclusão de curso: **Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis a partir do amido de arroz vermelho**

Autora: **Katiane Araújo do Bomfim**

Orientadora: **Prof. Dra. Plúvia Oliveira Galdino**

Co-orientador: **Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho**

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de produzir um filme biodegradável a partir do amido do arroz vermelho e avaliar as características físicas e a biodegradação sob condições específicas. Inicialmente foram elaboradas seis formulações com amido de arroz e alginato de sódio adicionado com 20 e 30% de glicerol, foram elaborados também biofilmes apenas com alginato de sódio e glicerol; Em seguida as formulações foram desidratadas em estufa a temperatura de 30°C por 24 horas. Os biofilmes foram avaliados de maneira subjetiva sobre continuidade, homogeneidade e manuseabilidade; caracterizados quanto aos parâmetros físicos de espessura, gramatura, cor e avaliou-se também a biodegradação. A partir das análises dos parâmetros determinados observou-se que os filmes apresentaram uma boa continuidade e excelente manuseabilidade. Com relação aos resultados verificou-se que a espessura dos filmes elaborados apenas com alginato de sódio possuíram o menor valor quando comparados com as demais formulações. No parâmetro de luminosidade, a adição do amido influenciou na opacidade dos biofilmes, além de leve tendência para coloração vermelha. No teste de biodegradabilidade foi possível notar de forma lenta a decomposição dos biofilmes.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L, bioplástico, biodegradação



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Trabalho de conclusão de curso: **Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis a partir do amido de arroz vermelho**

Autora: **Katiane Araújo do Bomfim**

Orientadora: **Prof. Dra. Plúvia Oliveira Galdino**

Co-orientador: **Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho**

ABSTRACT

This work was developed with the objective of producing a biodegradable film from red rice starch and to evaluate the physical characteristics and biodegradation under specific conditions. Initially, six formulations were prepared with rice starch and sodium alginate added with 20 and 30% glycerol, and biofilms with sodium alginate and glycerol only; Then the formulations were oven dehydrated at 30°C for 24 hours. Biofilms were evaluated according to a subjective analysis of continuity, homogeneity and manageability; characterized by physical parameters of thickness, weight, color and biodegradation was also evaluated. From the analysis of the determined parameters it was observed that the films presented a good continuity and excellent maneuverability. The thickness of films made with sodium alginate only had the lowest value when compared to the other formulations. In the luminosity parameter, the addition of starch influenced the opacity of the biofilms, besides a slight tendency to red color. In the biodegradability test it was possible to slowly notice the decomposition of the biofilms.

Keywords: *Oryza sativa* L, bioplastic, biodegradation

1-INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o principal alimento produzido em larga escala no mundo e também é a principal fonte de energia para metade da população (BAO *et al.*, 2004; ZHONG *et al.*, 2006).

Segundo dados da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) a safra de 2018/19, aponta produção recorde de grãos de 242,1 milhões de toneladas, sendo 10,4 milhões de toneladas de arroz (CONAB,2019). No Brasil, o arroz é um dos componentes de maior participação na dieta alimentar, predominando a produção e o consumo do arroz tipo branco comum, mas também é encontrado o tipo vermelho, preferido pelos consumidores de alguns estados do Nordeste, tais como, Paraíba e Rio Grande do Norte. O pigmento vermelho só está presente no pericarpo e é gerado durante a dessecação das sementes, no processo de maturação. (HAN *et al.* 2006).

O amido é o maior constituinte do grão polido, em torno de 90% do grão seco em massa (ZHOU *et al.*, 2002). No entanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento, o que possibilita grãos com características nutricionais diferenciadas (VARGAS, 2018).

O amido é considerado um produto de grande potencial não só para a alimentação humana e animal, mas também para a indústria (CEREDA *et al.*, 2002). O arroz por possuir elevados teores de amido em sua composição, torna-se uma boa opção na produção de biofilmes semelhantes aos biofilmes obtidos com amidos de outras fontes, como o milho ou batata (ZHOU *et al.*, 2002).

O impacto ambiental associado ao alto custo de reciclagem das embalagens plásticas tem influenciado o aumento das pesquisas sobre filmes obtidos de polímeros naturais. Esses filmes apresentam as vantagens de serem produzidos a partir de componentes biodegradáveis e não gerarem resíduos sólidos na natureza, podendo ser facilmente degradados no ambiente pela ação de microrganismos. A substituição de materiais oriundos exclusivamente de derivados de petróleo é uma tendência mundial (FARIAS, 2016). Assim, tem-se evidenciado crescente interesse pela utilização de polímeros biodegradáveis visando substituir os plásticos sintéticos

de modo a minimizar os impactos ambientais gerados pelo acúmulo de plásticos ao meio ambiente (AHMAD et al.,2015).

Nesse âmbito, a utilização dos subprodutos do arroz, tais como o amido, torna-se uma alternativa para a produção de um novo tipo de embalagem, mais sustentável e com funcionalidades específicas, tais como controle de umidade, gases e migração de aditivos e/ou nutrientes (DIAS et al., 2010).

1.1 - OBJETIVO GERAL

Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis produzidos a partir do amido extraído do arroz vermelho, utilizando a técnica de *casting*.

1.1.1- Objetivos específicos

- Extração do amido do arroz vermelho pelo método alcalino;
- Elaboração das soluções filmogênicas a partir de diferentes concentrações do amido, alginato de sódio e glicerol (20 e 30%);
- Realizar análise subjetiva dos bioplásticos elaborados com amido de arroz vermelho e alginato;
- Caracterizar os filmes de acordo com parâmetros físicos de espessura, gramatura, cor e atividade de água;
- Avaliar a biodegradação dos biofilmes.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1-A cultura do arroz vermelho

O arroz (*Oryza sativa L.*) representa umas das principais culturas nos países em desenvolvimento e embora comumente consumido como arroz branco, há muitas cultivares que contêm pigmentos como o arroz preto e o vermelho devido a cor da semente que é formada por depósitos de antocianinas em diferentes camadas do pericarpo, aleurona e tegumento. (PAIVA et al., 2016). A concentração bem como os tipos de polifenóis variam de acordo com os genótipos e estão relacionados principalmente com a cor do pericarpo (SHAO et al., 2011). Comumente, os grãos com pericarpovermelho e preto apresentam uma maior concentração de compostos fenólicos se comparados com aqueles de pericarpo marrom-claro (PENGKUMSRI et al.,2015; SHAO et al.,2014).

O grão do arroz é integrado por casca e cariopse que compreende farelo, gérmen e endosperma. A casca consiste em torno de 16% a 28% do peso seco do grão e a cariopse contém em torno de 9% de farelo, 2% de gérmen e 89% de endosperma (ZHOU et al., 2002; LUDWIG, 2004). O amido é o maior constituinte do grão polido, enquanto os conteúdos de proteínas e lipídios equivalem a 6,5% e 0,8% respectivamente. No entanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento, o que possibilita grãos com características nutricionais diferenciadas (VARGAS, 2018).

Ainda que os cultivares de arroz pigmentado possuam maior teor de nutrientes se comparados ao arroz branco polido, seu consumo ainda é baixo (PAIVA et al., 2014). Uma alternativa para elevar a utilização/consumo do arroz vermelho é através da extração do amido, processo no qual essa matéria prima pode ser transformada em um produto com maior interesse industrial e comercial (VARGAS,2018). O amido apresenta importante papel tecnológico em alimentos processados e pode atuar como agente de enchimento em embutidos cárneos, agente encapsulante, espessante na formação de géis, na composição de filmes biodegradáveis bem como outras aplicações, o que representa uma variável de grande interesse no processamento e tecnologia do arroz (XU et al., 2005).

Uma possibilidade de aplicação do amido da farinha de arroz é o desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir destes. A utilização de embalagens e recipientes descartáveis fabricados com polímeros convencionais provenientes da indústria petroquímica, tem gerado problemas ambientais devido ao acúmulo destes materiais não biodegradáveis, uma vez que sua decomposição leva centenas de anos.

Nos últimos anos, tem-se reconhecido a necessidade de reduzir o desperdício e o descarte de materiais plásticos. Assim, tem-se evidenciado crescente interesse pela utilização de polímeros biodegradáveis visando substituir os plásticos sintéticos de modo a minimizar os impactos ambientais gerados pelo acúmulo de plásticos ao meio ambiente (AHMAD et al., 2015). Nesse âmbito, a utilização dos subprodutos do arroz vermelho torna-se uma alternativa para a produção de um novo tipo de embalagem, mais sustentável e com funcionalidades específicas, tais como controle de umidade, gases e migração de aditivos e/ou nutrientes (DIAS et al., 2010).

2.2- Amido de Arroz

O amido é considerado um produto de grande potencial tanto para alimentação humana e animal, como também para a indústria. A exploração deste potencial depende do conhecimento de suas propriedades quanto à estrutura, forma, absorção de água, solubilidade, inchamento e viscosidade (CEREDA et al., 2002). O grânulo do amido de arroz é o menor quando comparado com os demais cereais. Seu tamanho varia entre 3 μm e 8 μm e possui forma poligonal irregular (ZHOU et al., 2002).

Estruturalmente, o amido é um polissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose é formada por unidades de α -D glicopirranose unidas por ligações α -1,4, que dão origem a fração linear do amido. Enquanto, a amilopectina é o componente ramificado sendo formada por unidades de α -D-glicopirranose unidas por ligações α -1,4 com ramificações ligadas por α -1,6 em sua estrutura (LI et al., 2011; SYAHARIZA et al., 2013). Quimicamente, é formado por elementos de carbono, hidrogênio e oxigênio na proporção de 6:10:5 de acordo com a fórmula molecular ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), (HAY, 2002).

A grande maioria dos amidos contém 20 a 30% de amilose e 70 a 80% de amilopectina, de acordo com sua fonte botânica, o que confere características específicas ao amido (CEREDA et al., 2002). Algumas propriedades texturais, como maciez, coesão, cor, brilho e volume de expansão estão diretamente relacionadas ao teor de amilose do grão. A maciez do arroz é inversamente proporcional ao teor de amilose, assim cultivares com baixo teor de amilose apresentam grãos muito macios e pegajosos após o cozimento (FERREIRA et al., 2005).

O baixo custo, a alta disponibilidade e a biodegradabilidade do amido são alguns motivos para que este polímero seja muito estudado no sentido de ser modificado ou misturado com outras substâncias químicas para melhoramento de sua processabilidade, formando uma categoria bastante variável de bioplásticos (ROSA et al., 2001).

2.3- Gelatinização do amido

O aquecimento de suspensões de amido em excesso de água promove uma transição irreversível denominada gelatinização. Quando as moléculas de água possuem energia cinética suficiente para superar as pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina, a hidratação ocorre, causando o intumescimento do grânulo. Ao continuar a expansão, o grânulo se rompe, liberando a amilose para a fase aquosa e iniciando a gelatinização. Esse processo é influenciado por fatores como conteúdo de água no gel, conteúdo de amilose, grau de cristalinidade da fração de amilopectina e o comprimento das cadeias de amilopectina (ZHOU et al., 2002).

Após a gelatinização, as moléculas de amilose, devido à sua linearidade, tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para formar pontes de hidrogênio entre as hidroxilas de polímeros adjacentes. Dessa maneira, ocorre diminuição de volume e a afinidade do polímero pela água é reduzida, o que permite ao amido gelatinizado formar filmes estáveis e flexíveis (BOBBIO e BOBBIO, 1995).

2.3– Biofilmes

A formação dos biofilmes ocorre na presença de macromoléculas, de modo a formar uma rede polimérica, solvente e plastificante. Essa formação geralmente envolve associações intermoleculares e intramoleculares ou ligações cruzadas de cadeias de polímeros formando uma rede tridimensional semirrígida que retém o solvente (RINDLAV-WESTLING et al., 2002, THARAHATHAN, 2003).

Os biofilmes podem ser de dois tipos: coberturas, quando são aplicadas diretamente sobre a superfície do alimento e são comestíveis, e filmes, que possuem a capacidade de formar estruturas mecanicamente autossustentáveis. (KROCHTA, 2002; PALMU, 2003). Existe um grande empenho em reduzir ou até mesmo substituir os filmes sintéticos por filmes biodegradáveis, porém a aplicação de biofilmes depende de propriedades funcionais, como propriedades de barreira e mecânicas (KROCHTA, 2002). As propriedades de barreiras mais pertinentes em biofilmes são permeabilidade ao vapor de água, CO₂ e ao O₂(PALMU, 2003).

Um dos processos de preparação de filmes encontrados na literatura é o *casting*, que consiste em espalhar uma solução filmogênica (macromoléculas, solvente e plastificante) em um suporte, seguido de desidratação lenta a baixa temperatura (LOURDIN et al., 1995; VICENTINI, 2003; DOLE et al., 2004; MÜLLER et al., 2008). O desafio de aplicar os filmes biodegradáveis nas embalagens de alimentos é que estes devem ser seguros durante o tempo necessário, e só ao término do uso ou função poderão iniciar o processo de biodegradação (KROCHTA, 2002).

As embalagens para alimentos têm como objetivo proteger produtos contra a contaminação externa e oxidação, propiciando um aumento em seu tempo de prateleira (ROBERTSON, 2009). No entanto, a degradação dos plásticos sintéticos comumente utilizados para essa finalidade exige muito tempo, e grande parte deles acaba por gerar sobrecarga nos aterros sanitários (XU et al., 2005). Os biofilmes aparecem nos últimos anos como um possível substituto para os materiais sintéticos uma vez que sua degradação se dá de forma mais rápida quando comparada com a de polímeros convencionais. (HENRIQUE et al.,2008).

A biodegradação de um polímero é o processo intrínseco pelo qual microrganismos e suas enzimas consomem o polímero como fonte de nutrientes, em

condições normais de umidade, temperatura e pressão, convertendo-os em compostos simples. Os polímeros melhor adaptados à biodegradação completa são os naturais, aqueles hidrolisáveis a CO_2 e H_2O , ou a CH_4 e os polímeros sintéticos que possuam estruturas próximas aos naturais (LIMA, 2004).

2.4- Plastificantes

A adição de um agente plastificante é necessária para superar a fragilidade dos biofilmes, que se tornam quebradiços devido às extensivas forças intermoleculares. Eles reduzem as forças de ligação existente entre as moléculas aumentando a flexibilidade dos filmes (VEIGA et al., 2005). Os plastificantes devem ser compatíveis com o biopolímero e, os mais estudados em combinação com os filmes de amido são os polióis, como o glicerol e o sorbitol, materiais que interagem com as cadeias de amido, aumentando a mobilidade molecular e a flexibilidade dos seus filmes bem como o aumento da hidroflicidade e permeabilidade ao vapor de água dos filmes plastificados, já que a maioria dos plastificantes empregados em filmes de amido tem caráter hidrofílico (MALI et al, 2004).

O glicerol é uma molécula hidrofílica pequena formada por três hidroxilas, que interagem facilmente com as cadeias do amido (MALI et al., 2004). A utilização de plastificantes hidrofílicos proporciona uma desvantagem no que diz respeito ao enfraquecimento da barreira ao vapor de água dos filmes. O aumento no conteúdo de plastificante pode resultar no aumento na permeabilidade em função da diminuição das forças intermoleculares que permitem a passagem de gases. Desse modo, o plastificante deve ser utilizado em uma quantidade que permita a otimização das propriedades mecânicas com um aumento mínimo na permeabilidade (SOTHORNVIT; KROCHTA, 2005).

A compatibilidade com o polímero e o solvente a serem utilizados deve ser levado em consideração no momento da escolha do plastificante, devendo apresentar baixa volatilidade, não-toxicidade e ser miscível de forma a não haver separação de fases durante o processo de secagem. Uma boa compatibilidade, geralmente, é obtida quando o plastificante e o polímero possuem estruturas químicas similares (SOTHORNVIT; KROCHTA, 2005).

2.5- Alginato

O alginato é um polímero natural de alto peso molecular derivado de algas marinhas; são sais de ácido algínico que possuem um determinado grau de polimerização (Helgerud et al., 2010). Os alginatos também podem ser obtidos por fermentação ao se utilizar bactérias como *Pseudomonas* e *Azotobacter*, diferindo do ácido algínico presente nas algas apenas por ser mais acetilado (GARCIA-CRUZ et al., 2008).

Comercialmente, o alginato é encontrado principalmente na forma de sais de sódio, potássio ou amônio. O fato de ser biodegradável, biocompatível, atóxico e ainda por suas propriedades coloidais como espessante, estabilizante emulsificante e gelificante, este biopolímero é largamente utilizado em vários ramos industriais como médico-farmacêutico, biotecnológico e alimentício. (MANCINI et al., 1996; ERSTVÅG; VALLA, 1998).

Uma das mais importantes propriedades dos alginatos é a sua capacidade de formação de géis termoestáveis na presença de cátions divalentes, principalmente o cálcio (ANDRADE et al., 2008). No entanto, as diferenças estruturais entre os tipos de alginato são determinantes nas propriedades do gel que será formado (ERTESVÅG; VALLA 1998).

3- MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal e no Laboratório de Operações Unitárias e Fenômenos de Transporte (LOUFT), pertencentes a Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal.

3.1- Matéria prima

A matéria prima utilizada foram grãos de arroz vermelho (*Oryza sativa*L.), adquiridos no comércio local do município de Pombal, PB. O agente plastificante utilizado foi o Glicerol e o agente espessante foi o Alginato.

3.1.1- Extração do amido de arroz

O amido de arroz foi extraído de grãos da espécie *Oryza sativa*, de acordo com método alcalino proposto por Yamamoto et al.,(1973). Inicialmente foram pesados 1 quilograma de arroz vermelho e em seguida suspenso em solução 4% de metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{SO}_5$) por um período de 48 horas em estufa com circulação de ar marca Marqlabor modelo ES-CFI5 a 55°C para realização de moagem úmida para facilitar a extração do amido ligado as proteínas.

Após 48 horas a moagem foi realizada em mini processador Oster Chrome e a suspensão filtrada em peneira de 400 mesh com abertura de 38 μm , com descarte do resíduo. O filtrado foi centrifugado a 2400 rpm por 10 minutos em Centrifuga Excelsa II modelo 206 BL marca FANEM, para retirada do excesso de água. O sedimento obtido foi suspenso em solução 0,1% de hidróxido de sódio (NaOH) para auxiliar na separação completa dos grânulos de amido ligados às proteínas do arroz.

Em seguida a suspensão foi centrifugada, onde, após o término foi possível observar três camadas: o amido na parte inferior, uma camada intermediária pouco viscosa e de cor levemente amarelada formada por proteínas e resíduos do amido e a camada superior composta pelo sobrenadante. A camada intermediária e o sobrenadante foram descartados manualmente, com o auxílio de uma espátula de metal. O amido foi suspenso novamente em solução 0,1% de hidróxido de sódio

(NaOH) por 14 horas e centrifugado a 2400 rpm por 10 minutos com descarte das fases sobrenadante e intermediária. Em seguida foi realizada a neutralização do amido, em suspensão de 0,1% de ácido clorídrico (HCl) até pH 7,0 e realizada mais uma etapa de centrifugação.

Por fim, foram realizadas duas lavagens com água destilada, com o objetivo de retirar ao máximo os reagentes utilizados para a extração do amido e uma última etapa de centrifugação com descarte de sobrenadante. Com o auxílio de uma espátula o amido foi removido dos tubos e submetido a secagem em estufa a 45°C por 24 horas.

3.1.2–Elaboração dos biofilmes

Os biofilmes foram preparados utilizando-se a técnica *casting*, que consiste na desidratação de uma solução filmogênica em um suporte, sob condições de processo controladas.

Uma solução aquosa de 100ml com duas concentrações distintas de amido de arroz extraído foram preparadas e em seguida foram adicionadas as concentrações de alginato de sódion a proporção 2:1 e 1:2, respectivamente, e glicerol variando sua concentração em 20 e 30% das combinações de amido; também foram elaborados dois biofilmes com alginato de sódio com variação na concentração de glicerol de 20 e 30%, em relação a proporção do alginato, para então serem as testemunhas da presente pesquisa, totalizando 6 amostras apresentadas a seguir:

Tabela 1- Formulação dos biofilmes

TRATAMENTO	CONCENTRAÇÕES
F1	4g de amido, 2g de alginato de cálcio e 1,2 g de glicerol
F2	2g de amido, 4g de alginato de cálcio e 1,2 g de glicerol
F3	4g de amido, 2g de alginato de cálcio e 1,8 g de glicerol
F4	2g de amido, 4g de alginato de cálcio e 1,8 g de glicerol
F5	6g de alginato de sódio e 1,2 g de glicerol
F6	6g de alginato de sódio e 1,8 g de glicerol

Após a homogeneização dos ingredientes em água, a solução filmogênica foi aquecida em banho maria até 95 °C, de modo a provocar a gelatinização do amido e ao mesmo tempo a solubilização do alginato de sódio. A solução foi depositada em placas de Petri de 12 cm de diâmetro na quantidade de 10 mL de solução por placa, em seguida foram submetidas a desidratação em estufa com circulação e renovação de ar a uma temperatura de 30 °C por um período de 24 horas.

3.1.3– Caracterização física dos biofilmes

Os biofilmes foram caracterizados fisicamente quanto aos parâmetros de: análise subjetiva, espessura, gramatura, cor (luminosidade, intensidade de vermelho, intensidade de amarelo e diferença total de cor), atividade de água e biodegradação. Todos esses procedimentos foram realizados em triplicata.

3.1.3.1- Análise subjetiva

Na avaliação subjetiva, foram utilizados parâmetros estabelecidos por Gontard (1991) citado por Mali (2002), efetuando-se as seguintes características dos biofilmes: continuidade (ausência de ruptura após a secagem), homogeneidade (ausência de partículas insolúveis, bolhas de ar ou zonas de opacidade) e manuseabilidade (possibilidade de ser manuseado sem riscos de ruptura). Os filmes foram classificados de acordo com um padrão que foi definido como: deficiente (*), boa (**) e excelente (***).

3.1.3.2 - Espessura e gramatura

A espessura dos biofilmes foi determinada com micrômetro externo analógico com graduação de 0,1 mm marca Messenem nove pontos diferentes de cada amostra de filme produzido.

A gramatura foi feita realizando-se a pesagem em triplicata de cada amostra de biofilme produzido, sendo calculada de acordo com a fórmula proposta por Sobral 1999, em função de uma área conhecida do material e seu peso segundo a equação 3.1:

$$G = 10000 \times \frac{\rho}{a} \quad (3.1)$$

em que:

G - gramatura expressa em g/m^2 ;

ρ - massa da amostra;

a - área da amostra.

3.1.3.3– Cor

Os parâmetros de cor dos biofilmes foram determinados com um colorímetro (Modelo CR-10, MinoltaCo. LTDA, Japão) utilizando os parâmetros de cor CIELAB calibrada com padrão branco. Os parâmetros determinados foram, luminosidade L^* - transição da cor branca ao preto; a^* - transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$); b^* - transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$). A diferença total de cor foi calculada de acordo com a equação 3.2:

$$\Delta E = [(L^* - Lp^*)^2 + (a^* - ap^*)^2 + (b^* - bp^*)^2]^{0,5} \quad (3.2)$$

em que:

Lp^* , ap^* e bp^* são os parâmetros de cor do filme padrão utilizado para comparação dos resultados.

3.1.3.4- Atividade de água

A atividade de água dos filmes foi determinada com o equipamento Aqualab 3TE da DecagonDevices. A medição foi feita com as amostras a 25 °C.

3.1.3.5- Biodegradabilidade: degradação em solo

As amostras dos filmes fabricados foram recortadas em tamanho 20mm x 20 mm e colocadas em uma bandeja de plástico e recobertas com solo fértil e mantidas em temperatura ambiente, em que uma vez ao dia as amostras eram borrifadas com água de modo a manter a umidade. O processo foi monitorado através de fotografias das amostras no tempo 0, 10 e 15 dias. (OLIVEIRA, 2007)

3.1.4- Análise estatística

Para análise estatística dos dados da caracterização física dos biofilmes, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (2 x 3 x 2), ou seja, 2 concentrações de amido de arroz (2 e 4%), 3 concentrações de alginato (2, 4 e 6%) e 2 concentrações de glicerol (20 e 30%, em relação ao amido), respectivamente. Para a comparação entre médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa computacional utilizado foi o ASSISTAT versão 7.5 Beta (Silva & Azevedo, 2006).

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Análise subjetiva

Na Tabela 2 encontram-se os parâmetros subjetivos de continuidade, homogeneidade e manuseabilidade dos biofilmes produzidos a partir de amido de arroz vermelho.

Tabela 2- Parâmetros subjetivos de continuidade, homogeneidade e manuseabilidade dos biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho

Formulação	Continuidade	Homogeneidade	Manuseabilidade
F1	*	**	***
F2	**	**	***
F3	*	***	***
F4	**	***	***
F5	**	**	***
F6	**	**	***

*** Excelente; ** Boa; * Deficiente

Os filmes de amido e alginato apresentaram uma cor levemente rosada e opacadiferentemente dos filmes elaborados unicamente com alginato de sódio que se mostraram translúcidos. Essa cor rosada pode ser explicada devido a depósitos de antocianinas no pericarpo do grão.

As formulações F1 e F3 elaboradas com maior concentração de amido em relação ao alginato, apresentaram deficiência na continuidade, possuindo algumas rupturas em suas bordas após a secagem, fato já esperado, pois o amido quando submetido a temperatura se torna mais quebradiço e a pouca quantidade de espessante (alginato) interferindo significativamente na formação do gel, não prevenindo assim as rupturas do biofilme após o processo de secagem. Resultados semelhantes foram encontrados por Shimazuet al., (2007) ao analisar o efeito de plastificantes e antiplastificantes do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. Enquanto que, as formulações F1 e F4 com maior teor de alginato em relação ao amido e as formulações F5 e F6 elaboradas unicamente com alginato de sódio apresentaram melhores resultados após a secagem, quanto ao

parâmetro de continuidade, observando-se dessa forma a influência significativa do alginato em todas as formulações analisadas.

Todas as formulações contendo amido e alginato com 1,8 g de glicerol (30%), foram os mais homogêneos, não apresentando partículas insolúveis ou bolhas de ar, uma explicação para tal resultado é que o glicerol e o alginato têm características hidrofílicas, logo se homogeneizaram com mais facilidade nas soluções filmogênicas. As formulações contendo somente alginato e glicerol (F5 e F6), não apresentaram elevada homogeneidade, apresentando dessa forma muitas partículas insolúveis, devido ao alginato quando submetido a temperatura, apresentar um aumento expressivo na viscosidade da solução filmogênica, interferindo assim na solubilização do mesmo. Shimazuet al.,(2007) ao analisar o efeito de plastificantes e antiplastificantes do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca obtiveram resultados que demonstraram que a manuseabilidade dos filmes variou entre excelente e boa.

A manuseabilidade dos biofilmes para todas as formulações se mostraram excelentes, não sendo rompidos ao serem manipulados, demonstrando dessa forma que as concentrações estudadas de glicerol não interferiram significativamente sobre a manuseabilidade dos biofilmes, outro variável que também interferiu no processo de flexibilidade foi a presença do amido de arroz vermelho nas formulações 1, 2, 3 e 4, pois o amido gelatinizado tem a sua afinidade por água reduzida, permitindo assim ao mesmo formar biofilmes estáveis e flexíveis. Resultados semelhantes foram encontrados por farias (2016) ao analisar filmes de amido de polpa de acerola elaborados pela técnica de *casting*. Dias (2008), ao analisar filmes elaborados com amido de arroz adicionado de glicerol observou que os filmes apresentaram excelente ou boa manuseabilidade.

A formulação (F4) apresentou melhores resultados em todos os parâmetros analisados quando comparados aos demais.

4.2- Espessura e gramatura

Na tabela 3 encontram-se os valores médios de espessura e gramatura dos biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho.

Observa-se que os valores médios de espessura variaram de 0,12 a 0,15µm. Trata-se de uma espessura que garante boas características mecânicas aos biofilmes. Esse resultado é comprovado com a análise de manuseabilidade, que demonstrou que todas as formulações não se romperam ao serem manuseadas, ou seja, o plastificante (glicerol), interferiu significativamente na flexibilidade dos biofilmes. Dias (2008) ao analisar filmes biodegradáveis obtidos de amido e farinha de arroz encontrou espessuras similares com valores variando entre 0,11 a 0,13mm.

Tabela 3- Valores médios da espessura e gramatura dos biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho

Formulação	Espessura (µm)	Gramatura (g/m ²)
F1	0,1541a	234,5833a
F2	0,1419b	224,1667a
F3	0,1396bc	224,1667a
F4	0,1448ab	235,9167a
F5	0,1200d	220,9167a
F6	0,1322c	260,1667a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV(%) Espessura=8,50; CV(%) Gramatura= 12,91

Os biofilmes contendo somente alginato e glicerol apresentaram as menores espessuras e uma explicação para esse fato é que, por não conter o amido na formulação 5 e 6, parte da água não conseguiu ficar retida no filme, sendo assim evaporada no processo de secagem dos biofilmes, comprometendo assim a espessura do material. Dantas et al., (2014) ao analisarem filmes biodegradáveis elaborados pela técnica de *casting* incorporados com polpas de frutas tropicais encontraram valores para espessura que variou de 0,11 a 0,25mm.

Os valores de gramatura encontrados variaram entre 220 a 260g/m², não ocorrendo diferença significativa. Valores do parâmetro de gramatura vem a corroborar com os de espessura, visto que são diretamente proporcionais. De acordo com os valores obtidos, os biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho apresentam gramatura que os classificam como filmes flexíveis, mas podendo apresentar boas características mecânicas. Henriquet al. (2008) ao

analisarem biofilmes produzidos a partir de amido modificados de mandioca encontraram valores para gramatura que variou entre 200 a 500 g/m² e embora tenham sido observadas grandes variações no trabalho do autor citado, os valores médios não diferiram estatisticamente entre si.

4.3- Cor

A Tabela 4 expressa os valores médios de luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*), intensidade de amarelo (b*) e diferença total de cor (ΔE).

Tabela 4- Valores médios dos padrões de luminosidade*; intensidade de vermelho (a*), intensidade de amarelo (b*) e diferença total de cor (ΔE) dos biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho

Formulação	L*	a*	b*	ΔE
BRANCO	78,10a	2,60d	10,03d	-
F1	66,36a	4,63b	19,13bc	15,14ab
F2	67,26a	3,60c	18,90c	14,21ab
F3	65,93a	5,96a	20,36ab	16,48a
F4	47,56a	3,66c	19,40abc	13,57bc
F5	73,63a	1,86d	20,70a	11,74c
F6	73,80a	1,83d	20,63a	11,62c

CV(%) a* = 9,89; CV(%) b* = 2,76; CV(%) L* = 19,93

Analisando os valores médios de luminosidade, observa-se que não houve diferença significativa entre as amostras analisadas. Este parâmetro representa a distinção existente entre o branco e o preto e pelos valores obtidos para as formulações 1, 2, 3 e 4, é significativa a adição do amido na constituição desses biofilmes, tornando-os mais escuros e conseqüentemente mais opacos, devido o amido apresentar coloração branca. Esse efeito provocado no biofilme pode ser considerado desejável, pois a opacidade confere proteção contra incidência luminosa, por outro lado os biofilmes das formulações 5 e 6, apresentaram valores reais mais elevados, ou seja, próximo a coloração branca, porém, os mesmos se apresentarem com elevada transparência e isso se deve ao fato de não possuírem o amido de arroz na sua constituição. O fator transparência se torna desejável, pois ao

acondicionar algum alimento, o consumidor terá visualização do mesmo, por outro lado apresenta susceptibilidade a incidência luminosa, restringido assim a utilização desse filme para embalar alguns alimentos(Bertuzziet al.,2007).Através dos parâmetros observados no desenvolvimento de biofilmes de amido de mandioca com o glicerol elaborado por Passos(2015), foram observados resultados distintos deste experimento, muito explicado pela presença do amido de mandioca em sua composição, a qual corroborou para uma apresentação mais escura do produto final do biofilme.

Em relação ao parâmetro de intensidade de vermelho (a^*), os biofilmes das formulações F1, F2, F3 e F4, apresentaram uma leve tendência para a cor vermelha, podendo ser explicada pelo conteúdo de antocianinas presentes no pericarpo do grão de arroz vermelho, que não foram totalmente removidos durante o processo de extração do amido sugerindo uma filtração deficiente após a moagem do grão. Essa tendência ao vermelho influencia a opacidade do filme de modo a diminuir a susceptibilidade a incidência luminosa. As formulações 5 e 6, apresentaram valores médios de (a^*) de 1,86 e 1,83, respectivamente, demonstrando assim nenhuma tendência a coloração vermelha, fato esperado por não conter concentrações de amido de arroz vermelho nas seguintes formulações.(Rigo,2006), utilizando um filme de proporção de 50% de amido de milho modificado e 50% de alginato de sódio,relata que as proporções dos componentes afetam diretamente sobre aluminosidade e cor. Os resultados obtidos através do desenvolvimento destes filmes comestíveis foram distintos para as análises de cor analisadas em relação aos parâmetros de cor verde e cor amarela do presente trabalho, que foram em média de -1,07 e 3,62, respectivamente.

Analisando os valores médios de intensidade de amarelo (b^*), vê-se que as formulações 1, 2, 3 e 4 diferiram estatisticamente entre si, fato que pode ser explicado pelas diferentes concentrações de amido utilizadas nas formulações, enquanto que as formulações 5 e 6, que não se adicionou amido de arroz vermelho na sua constituição, não diferiram estatisticamente entre si. O mesmo comportamento estatístico foi observado no parâmetro de diferença total de cor, fato que pode ser explicado também pelas diferentes concentrações de amido nos biofilmes, assim como também a não adição do mesmo no biofilme constituído de alginato de sódio.Fonseca et al. (2016), obteve resultados semelhantes para o

parâmetro de variação de cor (ΔE), utilizando duas formulações, uma utilizando glicerol e outra utilizando o sorbitol como plastificantes. Os valores obtidos foram de $14,97 \pm 1,22$ para a formulação com glicerol e $15,88 \pm 4,25$ para a formulação com sorbitol.

4.4- Atividade de água

A Tabela 5 expressa os valores médios de atividade de água.

Tabela 5- Valores médios da atividade de água

Formulação	Atividade de água
F1	0,42b
F2	0,44a
F3	0,41bc
F4	0,39de
F5	0,38e
F6	0,40cd

CV(%)= 1,47

Os valores de atividade de água obtidos para os filmes de amido de arroz e alginato com diferentes concentrações de glicerol variaram entre 0,38 a 0,44. A diferença entre as médias sugere que a adição do amido influencia no aumento da atividade de água. Valores superiores aos descritos foram relatados por Santana (2012), que ao avaliar filmes biodegradáveis elaborados com quitosana plastificados com glicerol elaborados pela técnica de *casting* obteve valores variando de 0,55 a 0,66. Farias (2016) ao avaliar filmes de amido e polpa de acerola concluiu que não houve diferença significativa entre os valores encontrados que variaram entre 0,63-0,64. Resultados semelhantes aos de Farias (2016) foram descritos por Dantas et.al (2015) ao avaliar filmes elaborados a partir do amido de mandioca plastificados com glicerol e adicionados de polpas de frutas tropicais que obtiveram valores entre 0,66-0,70.

4.5- Biodegradabilidade

Na Figura 1 encontram-se o acompanhamento visual da biodegradação dos biofilmes de amido de arroz vermelho e alginato de sódio, nos tempos de 0, 10 e 15 dias de submissão ao solo.

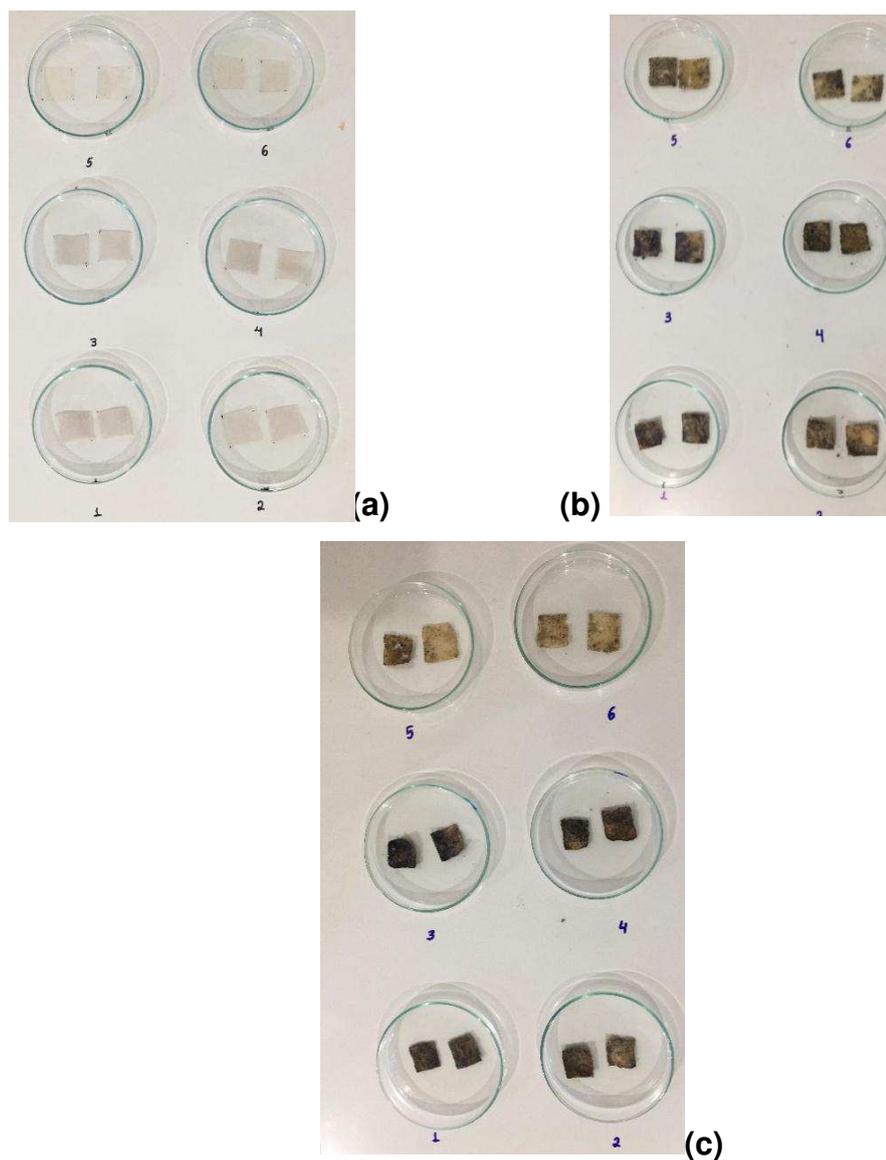


Figura 1. Aspecto visual da biodegradação dos biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho e alginato de sódio com diferentes concentrações de glicerol no tempo 0 (a), 10 (b) e 15 dias (c) de exposição ao solo.

Observa-se a diferença nos tamanhos dos corpos de prova colocados em condições favoráveis para a biodecomposição, o que comprova que os biofilmes

produzidos são consumidos pela microbiota presente no solo, sendo transformados em compostos simples, tais como, minerais, gás carbônico, oxigênio, água, entre outros, ou seja, um composto extremamente rico em nutrientes, denominado de húmus, que pode ser utilizado como fertilizante natural para produção de novas matérias primas. Vargas (2018) ao analisar filmes biodegradáveis elaborados com amido de arroz vermelho relatou resultados semelhantes, evidenciando a diminuição dos corpos de prova comprovando o potencial de biodegradabilidade do material.

Lucena et al. (2017) ao analisar biofilmes a base de xilana e xilana/gelatina plastificadas com glicerol (5-15%) observou uma alta biodegradabilidade dos filmes. Santana (2012) ao analisar filmes biodegradáveis ativos a base de quitosana plastificados com glicerol observou um alto grau de biodegradabilidade ao longo de 17 semanas. Fernandes et. al (2019) ao analisar filmes biodegradáveis de amido de *Solanumlycocarpum* St. Hill plastificados com glicerol (5-20%), observou que todos os filmes foram degradados por completo ao longo de 180 dias.

5- CONCLUSÃO

Os biofilmes produzidos com amido de arroz vermelho e alginato de sódio, se apresentaram com excelente manuseabilidade;

O plastificante glicerol e o espessante alginato de sódio, exerceram influência positiva na melhoria das propriedades mecânicas dos biofilmes avaliados;

As amostras apresentaram espessuras e gramatura que classificam os biofilmes como flexíveis;

A adição do amido de arroz vermelho na constituição dos biofilmes, resultou na opacidade dos mesmos, enquanto que os biofilmes constituídos somente de alginato de sódio se apresentaram transparentes;

A atividade de água não apresentou comportamento definido, sendo que as concentrações de glicerol exerceram maior influência.

Todos os biofilmes avaliados apresentarem tendência de biodegradação ao longo de 15 dias de submissão ao solo fértil.

De um modo geral todos os filmes obtiveram suas características influenciadas pelo amido e/ou concentração de glicerol, onde o filme que apresentou melhor continuidade, homogeneidade e manuseabilidade foi a formulação F4, maior espessura (0,1541mm) formulação F1, maior parâmetro de luminosidade F6 e de intensidade de cor vermelha F1 e o filme com menor atividade de água F5.

6– REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A cultura do arroz no Brasil/ editores, Alberto Baêta dos Santos, Luis Fernando Stone, Noris Regina de Almeida Vieira. -2. Ed. Ver. ampl. – Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2006. 1.000 p.: il. ; 23cm

ANDRADE, S. A, C., GUERRA, T. M. B., RIBEIRO, M. A., GUERRA, N. B. Emprego de revestimentos comestíveis de alginato e pectina de baixa metoxilação em alimentos: **Revisão. B. CEEPA**, v.26, n.1, p.41-50, 2008.

Ahmad, M., Hani, N. M., Nirmal, N. P., Fazial, F. F., Mohtar, N. F., Romli, S. R. (2015). Optical and thermo-mechanical properties of composite films based on fish gelatin/rice flour fabricated by casting technique. **Journal Progress in Organic Coatings**, v.84, p.115–127, 2015.

BAO, J.; KONG, X.; XIE, J., XU, L. Analysis of genotypic and environmental effects on rice starch. 1. Apparent amylose content, pasting viscosity, and gel texture. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, p. 6010-6016, 2004.

BERTUZZI, M. A.; ARMADA, M.; GOTTIFREDI, J. C. Physicochemical characterization of starch based films. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 82, n. 1, p. 17-25, 2007.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 151 p.

CHANDRA, R.; RUSTGI, R. Biodegradable polymers. **Progress in Polymers Science**, v. 23, p. 1273-1335, 1998.

CLARE, K. Algin. In: WHISTLER, R. L., BEMILLER, J. N. Industrial Gums. New York: **Academic Press**. p.105-143, 1993.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades gerais do amido. In: **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**, v. 1. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

CERRUTI, P. et al. "Effect of a natural polyphenolic extract on the properties of a biodegradable starch-based polymer". **Polymer Degradation and Stability**, v. 96, n. 5, 2011, p. 839–846.

DANTAS, E. A.; COSTA, S. S.; CRUZ, L. S.; BRAMONT, W. B.; COSTA, A. S.; PADILHA, F. F.; DRUZIAN, J. I.; MACHADO, A. S. Caracterização e avaliação das propriedades antioxidantes de filmes biodegradáveis incorporados com polpas de frutas tropicais, **Ciência Rural**, v. 45, n. 1, p.142-148, 2015.

DRAGET, K. I.; SKJÅK-BRÆK, G.; SMIDSRØD, O. Alginate based new materials. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 21, p. 47-55, 1997.

DORS, G.C.; CASTIGLIONE, G. L.; AUGUSTO-RUIZ, W. Utilização da farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Revista de Ciências Exatas e Engenharia**. Rio Grande, v. 16, n.1, p.63-67, 2006.

Dias, A. B., Muller, M. O. C., Fabio, D. S., Larotonda, D. S., Laurindo, J. B. (2010). Biodegradable films based on rice starch and rice flour. **Journal of Cereal Science**, v. 51, p.213– 219.

DIAS, Amanda Borba. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz**. 2008. Dissertação (Engenheira de alimentos. Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos) - programa de pós-graduação em engenharia de alimentos, [S. l.], 2008.

DOLE, P.; JOLY, C.; ESPUCHE, E.; ALRIC, I.; GONTARD, N. Gas transport properties of starch based films. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, p. 335-343, 2004.

ERSTVÁG, H., VALLA, S. Biosynthesis and applications of alginates. **Polymer Degradation and Stability**, v.59, n.1, p.85-91, 1998.

FARIAS, MÔNICA GUIMARÃES. **Elaboração e caracterização de filmes de amido e polpa de acerola por casting, extrusão termoplástica e termoprensagem**. Tese (doutorado) (doutor em ciências) - programa de pós-graduação em ciência e tecnologia de alimentos, [S. l.], 2016.

FISCHER, A.J., RAMIREZ, A. Red rice (*Oryza sativa*): competition studies for management decisions. **International Journal of Pest Management**, London, v.39, n.2, p.133-138, 1993.

FERREIRA, C M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. Qualidade do arroz no Brasil: Evolução e Padronização. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2005. 62 p.

FERNANDES, Adriana dos Santos *et al.* Elaboração e Caracterização de Filmes Biodegradáveis de Amido de *Solanum lycocarpum* St. Hill e Glicerol. **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [s. l.], ano 2019, v. 8, ed. 1, p. 362-378, 10 abr. 2019.

FONSECA, L.M. et al. Avaliação de filmes biodegradáveis de amido de arroz, aveia e milho com diferentes plastificantes. **Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Fortaleza, 2016.

GARCIA-CRUZ, C. H.; FOGGETTI, U.; SILVA, A. N. da. Ácido algínico bacteriano: aspectos tecnológicos, características e produção. **Química Nova**, Campinas -SP, v. 31, p. 1006-1080, 2008.

GENNADIOS, A.; WELLER, C. L. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. **Food Technology**, v. 44, p. 63-69, 1990.

GUILBERT, S.; CUQ, B.; GONTARD, N. Recent innovations in edible and/or biodegradable packaging materials. **Food Additives and Contaminants**, v. 14, p. 741-751, 1997.

GONTARD, N. **Films et enrobages comestibles: étude et amélioration des propriétés filmogènes du gluten**. 1991. 174 f. Thèse (Docteur en Biochimie, Biologie Cellulaire et Moléculaire – Science des Aliments) – Université Montpellier Montpellier, 1991

HAY, M. The **Extent of Gelatinisation and Change to the Microstructure of Starch as a Result of Extrusion Processing**. Universidade de Queensland (Departamento de Engenharia Química). 64p. Trabalho acadêmico 2002.

HAN, L. et al. Genetic analysis and histological study of red seed in rice. **Acta Genetica Sinica**, Pequim, v. 33, n. 6, p. 559-564, 2006

HENRIQUE, Celina Maria *et al.* Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], 10 mar. 2008.

JESSEN, S.; GALDEANO, M. C.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. **Isotermas de adsorção de filmes biodegradáveis de amido de aveia plastificados com glicerol e com sorbitol**. Disponível em <<http://www.encb.ipn.mx/cibia/Tomol/II-62.pdf>>, acesso em 12 de setembro de 2019.

KIM, S. J.; USTUNOL, Z. Solubility and moisture sorption isotherms of whey protein-based edible films as influenced by lipid and plasticizer incorporation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 49, p. 4388-4391, 2001.

KROCHTA, J. M. Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status and opportunities. In: GENNADIOS, A. **Protein-Based Films and Coatings**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2002. 672p.

LOURDIN, D.; VALLE, G. D.; COLONNA, P. Influence of amylose content on starch films and foams. **Carbohydrate Polymers**, v. 27, p. 261-270, 1995

LUCENA, Camilla Aquino Azevedo *et al.* Desenvolvimento de biofilmes à base de ilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. **Polímeros1**, [s. l.], 15 fev. 2017.

LIMA, S. L. T. Reciclagem e biodegradação de plásticos. **Revista Científica do IMAPES**, Sorocaba, p.28-34, 2004.

LI, M.; LIU, P.; ZOU, W.; YOU, L.; XIE, F.; PU, H.; LIU, H.; CHEN, L. Extrusion processing and characterization of edible starch films with different amylose contents. **Journal of Food Engineering**, v.106, p.95-101, 2011.

LUDWIG, V. S. **A agroindústria processadora de arroz: um estudo as principais características organizacionais e estratégicas das empresas líderes gaúchas.** 2004. 167 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MONKS, J.F., VANIER, N.L., CASARIL, J., BERTO, R.M., OLIVEIRA, M., DE GOMES, C.B., CARVALHO, M.P., DE DIAS, A.R.G., Elias, M.C. Effects of milling on proximate composition, folic acid, fatty acids and technological properties of rice. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 30, p. 73–79, 2013.

MÜLLER, C.; YAMASHITA, F.; LAURINDO, J. B. Evaluation of effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 72, p. 82-87, 2008.

MALI, S. **Produção, caracterização e aplicação de filmes plásticos biodegradáveis a base de amido de cará**. 2002. 150 f. Tese (Doutorado em Ciência em Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

Oliveira, T. M. **Desenvolvimento e avaliação de filme biodegradável de polietileno incorporado de amido de grão-de-bico (Cicerarietinum L.)**. 2007. Dissertação (Ciência e tecnologia de alimentos) Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

PASSOS, ELTHON FERREIRA. **Síntese e caracterização de filmes a base de amido e glicerol com adição de argilominerais**. 2015. 56 f. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (BACHARELADO EM QUÍMICA) - GRADUAÇÃO, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015

PAIVA, F. F.; VANIER, N. L.; BERRIOS J de J.; PAN J.; VILLANOVA, F de A.; TAKEOKA, G.; ELIAS, M. C. Physicochemical and nutritional properties of pigmented rice subjected to different degrees of milling. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 35, 10–17, 2014.

PAIVA, F. F.; VANIER, N. L.; BERRIOS J de J.; PINTO, V. Z.; WOODS, D.; WILLIAMS T.; PAN J.; .; ELIAS, M. C. Polishing and parboiling effect on the nutritional and technological properties of pigmented rice. **Food Chemistry**, (2015).

PALMU, P. S. T. **Preparação, propriedades e aplicação de biofilmes comestíveis à base de glúten de trigo**. 2003. 244 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PIÑEROS-HERNANDEZ, D. et al. "Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidante extracts for potential use as active food packaging". **Food Hydrocolloids**, v. 63, 2017, p. 488–495.

PENKUMSRI, N.; CHAIYASUT, C.; SAENJUM, C.; SIRILUN, S.; PEERAJAN, S.; SUWANNALERT, P.; SIRISATTHA, S.; SIVAMARUTHI, B. S. Physicochemical and

antioxidative properties of black, brown and red rice varieties of northern Thailand. **Food Science and Technology**, v.35, n. 2, p. 331-338, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB.**Produção**.Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 11 set. 2019.

ROSA, D. S.; FRANCO, B. L. M.; CALIL, M. R. Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 11, p. 82-88, 2001.

ROBERTSON, G. L. **Food packaging and shelf life: a practical guide**. Boca Raton: CRC Press. p.1-14, 2009.

RINDLAV-WESTLING, A.; STADING, M.; GATENHOLM, P. Crystallinity and morphology in films of starch, amylose and amylopectin blends. **Biomacromolecules**, v. 3, p. 84-91, 2003.

SANTOS-VEIGA, P., SUZUKI, CK., CEREDA, M.P.; SCAMPARINI, A.R.P. Microstructure and color of starch-gum films: Effect off um deacetylation and additives. Part 2. **Food Hydrocolloids**. Vol 19. p. 1064-1073.2005

SANTANA, MARIA CECÍLIA CASTELO BRANCO. **Formulação, caracterização e eficácia antioxidante de filmes biodegradáveis ativos a base de quitosana, glicerol e aditivos naturais**. 2012. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal da Bahia Faculdade de Farmácia, [S. l.], 2012.

SHAO, Y.F., JIN, L., ZHANG, G., LU, Y., SHEN, Y., BAO, J.S. Association mapping of grain color, phenolic content, flavonoid content and antioxidant capacity in dehulled rice. **Theoretical and Applied Genetics**. v. 122, p. 1005-1016, 2011.

SHAO, Y.; XU, F.; SUN, X.; BAO, J. Beta, T. Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of

white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.). **Journal of Cereal Science**, v. 59, p.211-218, 2014. a

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**. Vol. 11(39), pp. 3733-3740. 2016.

SILVA, R. F. & ASCHERI, J. L. R. Extrusão de quirera de arroz para uso como ingrediente alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 3, p. 190-199, jul./set. 2009.

SHIMAZU, Angélica Aimoto; MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Victória Eiras. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**, [s. l.], 12 jan. 2007.

SYAHARIZA, Z.A.; SAR, S.; HASJIM, J.; TIZZOTTI, M.J.; GILBERT, R.G. The importance of amylose and amylopectin fine structures for starch digestibility in cooked rice grains. **Food Chemistry**, v.136, p.742-749, 2013.

SOBRAL, P. J. A. Propriedades funcionais de biofilmes de gelatina em função da espessura. **Ciência & Engenharia**, Uberlândia, v. 8, n. 1, p. 60-67, 1999
SOTHORNVIT, R., KROCHTA, J. M. Plasticizers in edible films and coatings. Ed.

HAN, J. H. In: Innovations in Food Packaging. **Elsevier**, 2005.

THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science and Technology**, v. 14, p. 71-78, 2003.

VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 198 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

VARGAS, Carolina Galarza. **Caracterização e utilização de arroz vermelho (Oryzagliaberrima) e preto (Oryza sativa) e seus subprodutos para produção de filmes biodegradáveis**. 2018. Tese (doutorado) (Mestre e nutrição em alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul) - Instituto de ciência e tecnologia de alimentos, [S. /], 2018.

XU, Y. X.; KIM, K. M.; HANNA, M. A.; NAG, D. Chitosan starch composite film: preparation and characterization. **Industrial Crops and Products**, v. 21, p. 185-195, 2005.

YAMAMOTO, K.; SUMIE, S.; TOSHIO, O. Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. **Denpun Kagaku**, v. 20, p. 99-102, 1973.

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

ZHONG, F.; YOKOYAMA, W.; WANG, Q.; SHOEMAKER, C. F. Rice starch, amylopectin, and amylose: Molecular weight and solubility in dimethyl sulfoxidebasedsolvents. **JournalofAgriculture and FoodChemistry**, v. 54, p. 2320-2326, 2006.