

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DENISE MILLÉO ALMEIDA

**BIOFILME DE BLENDAS DE FÉCULA DE BATATA E CELULOSE
BACTERIANA NA CONSERVAÇÃO DE FRUTA MINIMAMENTE
PROCESSADA**

CURITIBA
2010

DENISE MILLÉO ALMEIDA

**BIOFILME DE BLENDAS DE FÉCULA DE BATATA E CELULOSE
BACTERIANA NA CONSERVAÇÃO DE FRUTA MINIMAMENTE
PROCESSADA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos Agroindustriais, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como um dos requisitos à obtenção do título de Doutor em Processos Biotecnológicos Agroindustriais.

Orientador:
Prof. Dr. Gilvan Wosiacki

Co-orientadora:
Prof^a. Dr^a. Adenise L. Woiciechowski

Curitiba
2010

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.02/11

A448 Almeida, Denise Milléo

Biofilme de blenda de fécula de batata e celulose bacteriana na conservação de fruta
minimamente processada/ Denise Milléo Almeida. -- Curitiba: [s.n.], 2010.
283 f.: il.; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Gilvan Wosiacki
Co-Orientador: Prof. Dr^a. Adenise L. Woiciechowski

Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos Agroindustriais) - Universidade
Federal do Paraná, Curitiba. Curso de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos
Agroindustriais. Curitiba, 2010.

1. Minerais. 2. Celulose bacteriana. 3. Fécula de batata. 4. Biofilme 5. Morango. I. Wosiacki,
Gilvan. II. Woiciechowski, Adenise. III. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. IV. Título.

CDD 606.6

TERMO DE APROVAÇÃO
DENISE MILLÉO ALMEIDA

**OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE BIOFILME DE
BLENDAS DE FÉCULA DE BATATA E CELULOSE BACTERIANA NA
CONSERVAÇÃO DE FRUTA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Tese aprovada como um dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Processos Biotecnológicos Agroindustriais pelo Programa de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos Agroindustriais, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Gilvan Wosiacki
Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, UEPG

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Adenise L. Woiciechowski, UFPR
Setor de Processos Biotecnológicos

Banca examinadora:

Prof. Dr. Gilvan Wosiacki – Orientador
Universidade Estadual de Ponta Grossa
Orientador

Prof^a. Dr^a. Adenise Lorenci Woiciechowski – Co-orientadora
Universidade Federal do Paraná

Prof^a. Dr^a. Elenise Sauer – Membro
Universidade Tecnológica Federal de Ponta Grossa – Campus Ponta Grossa

Prof. Dr. Alessandro Nogueira – Membro
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a. Marta Helena Fillet Spoto – Membro
Universidade de São Paulo

Prof^a Dr^a Adriane B. P. Medeiros – Membro
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 10 de dezembro de 2010.

*“FELIZ AQUELE QUE TRANSFERE O QUE SABE E APRENDE O QUE
ENSINA”*

(Cora Coralina)

DEDICO

Aos amores da minha vida:

Meus pais Hilson e Diva

Meus irmãos: Denilson, Katia e Danieli

Meu marido Celso

Minhas filhas Amanda e Maitê

AGRADECIMENTOS

A **DEUS** pela oportunidade da VIDA!

Ao Programa de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos Agroindustriais da Universidade Federal do Paraná; à Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Ponta Grossa; à Universidade Estadual de Ponta Grossa; ao Grupo de Trabalho sobre Maçã e Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa por disponibilizarem recursos físicos, humanos e financeiros para a realização deste trabalho;

Ao meu orientador, Prof. Dr. **Gilvan Wosiacki**, modelo de mestre, pelo carinho com que me recebeu em seu grupo de pesquisa, pela confiança depositada para a realização deste trabalho, pela contribuição e valiosos ensinamentos que levarei como guia para minha vida profissional e pessoal, e pela sua amizade;

À minha co-orientadora Prof^ª. Dr^ª. **Adenise L. Woiciechowski** pelo carinho, confiança, apoio e ensinamentos preciosos para a realização deste trabalho;

À minha *amiga* Giovana de Arruda Moura Pietrowski, exemplo de pessoa e profissional, pelos ensinamentos, trocas de idéias, amizade e apoio incondicional em todas as horas, participando dos meus sonhos, angústias e conquistas;

Às amigas, Adriane de Lima Penteadó, Eliane Fernandes Pietrowski, Marly Aparecida Ranthum e Maria Carolina Oliveira, pelo apoio nos momentos difíceis demonstrado no afeto e nas palavras de incentivo;

Às amigas Elenise Sauer e Maria Helene Giovanetti Canteri, modelos de pesquisadoras, pelos ensinamentos, sugestões e principalmente pela dedicação em ensinar sem esperar nada em troca;

Aos colegas da UTFPR- Campus Ponta Grossa: Simone Bowles e Marli Santos pela amizade, incentivo e ensinamento; Eliana Bortolozo e Marcela Fonseca pela amizade, incentivo e apoio; Marciah Carletto, Sabrina Avila, Ana Meri Oliveira e Rosane Natume, Guataçara dos Santos Jr, Ciro Zimmermann, José Luís da Trindade e Oscar Regis pela amizade, incentivo e auxílio.

Aos colegas da UEPG: Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca, Prof. Dr. Alessandro Nogueira, Prof^ª Dr^ª Nelci Catarina Chiqueto, Tecnóloga em Alimentos Denise Mendes pelas contribuições, sugestões e auxílios;

Aos meus amigos Prof^ª Dr^ª Rosilene Aparecida Prestes (UEPG) e Prof. Dr. Luis Antonio Pinheiro (UEPG) pela amizade, carinho, apoio incondicional e valiosíssimos ensinamentos;

As alunas de iniciação científica Elisângela Serenato e Misaeli Zanlorenzi, as estagiárias Gabriela Sartori e Pamela Freitas e, a aluna de TCC Alessandra Schemberger hoje minhas amigas, pelo carinho, dedicação, apoio e auxílio na execução deste trabalho;

A **todos** que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho,

OBRIGADA!

RESUMO

A eficiência dos biofilmes comestíveis está ligada às propriedades dos biopolímeros utilizados como base. Os polissacarídeos de origem microbiana apresentam-se como nova perspectiva, na influência das propriedades de barreira e mecânica dos biofilmes e, auxílio no método de conservação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de biofilme formado de blenda de fécula de batata e celulose bacteriana na conservação de fruta minimamente processada. O trabalho foi desenvolvido em três etapas: na primeira, foi analisada à influência dos minerais K, Na, Fe, Mg, P, S-SO₄⁻², B, NTK, N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺, na produção de celulose bacteriana, em cultivo de água de coco de fruta madura e verde, utilizando planejamento fatorial fracionado 2⁷⁻². Os minerais K e Na foram quantificados por fotometria de emissão de chama (FEP), Fe e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (AAS), P por espectrofotometria absorção molecular UV-VIS (MAS), S-SO₄⁻² por fotocolorimetria por sulfato de bário, B pelo método Azometina-H, NTK pelo método Kjeldahl, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ determinados por destilação de vapor, com óxido de magnésio (MgO) e liga de Devarda, respectivamente. Na segunda etapa foi realizada a produção e caracterização de biofilmes formados por blenda de fécula de batata e celulose bacteriana, por planejamento de modelo de mistura ternária. Os biofilmes foram caracterizados segundo propriedades físicas, químicas e de barreira. Na terceira etapa foi realizada a aplicação dos biofilmes em morangos minimamente processados, e analisados os indicadores de qualidade (massa fresca, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), razão entre SST e ATT, pH, firmeza, atividade de água (Aw), contagem total de mesófilos aeróbios, compostos fenólicos, antocianinas, antioxidantes, vitamina C, cor, atividade respiratória de CO₂ e O₂). A maior produção de celulose bacteriana, 6 g.L⁻¹, foi verificada nos fermentados com água de coco de fruta madura, adicionada de KH₂PO₄, FeSO₄ e NaH₂PO₄ mantidos sob agitação. Houve maior consumo de Na e N-NO₃⁻ tanto nos processos fermentativos de água de coco de fruta madura quanto verde. A produção de biofilmes pode ser feita pelo método de mistura, configurando uma matriz coesa, com interações entre os componentes. Biofilmes com maior concentração de fécula de batata apresentaram maior densidade, gramatura, opacidade, solubilidade e umidade. A celulose bacteriana promoveu biofilmes espessos, com índice de intumescimento mais rápido, maior taxa de permeabilidade ao vapor de água e favoreceu a redução da umidade da monocamada. Biofilmes com maior concentração de glicerol são hidrofílicos. A aplicação de biofilmes em morango cv Festival, com composição 47,25% de fécula de batata, 35,25% de celulose bacteriana e 17,5% de glicerol, foi eficiente nos indicadores de massa fresca até 120 horas e, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável, compostos fenólicos, antioxidantes, cora a*, cora b*, contagem de mesófilos aeróbios totais até 192h. A celulose bacteriana pura mostrou ser eficiente como cobertura nos parâmetros perda de massa até 144h e pH, firmeza, atividade de água, antocianinas, contagem de mesófilos aeróbios totais e atividade respiratória CO₂ até 192h. Portanto, a aplicação de biofilmes formados por blenda de fécula de batata e celulose bacteriana oferece potencial de utilização em morangos conservados por métodos combinados (biofilme e processo de refrigeração), podendo aumentar a estabilidade física, química e microbiológica de tais produtos. Além disso, podem favorecer a aceitação do consumidor pela melhoria da aparência e manutenção de suas propriedades. Assim, a aplicação de biofilmes formados por blendas de fécula de batata e celulose bacteriana podem ser satisfatoriamente ser empregados como revestimento protetor sobre morangos.

Palavras-chave: minerais, celulose bacteriana, fécula de batata, biofilme, morango,

ABSTRACT

The edible biofilm efficiency is connected to the biopolymers properties used as base. The microbial origin polysaccharides show themselves as a new perspective, in the influence of the barrier properties and mechanical of the biofilms and, assistance in the conservation method. The mainly purpose of this paper was evaluate the biofilm effect made by the potato starch blend and bacterial cellulose in the conservation of the minimally processed fruit. The paper was developed in three steps: in the first, it was analyzed the influence of the minerals K, Na, Fe, Mg, P, S-SO₄⁻², B, NTK, N-NO₃⁻ and N-NH₄⁺, in the bacterial cellulose production, in the coconut water cultivation of the green and ripe fruit, using a fractional factorial design 2⁷⁻². The minerals K and Na were quantified by flame emission photometry (FEP), Fe and Mg by atomic absorption spectrophotometry (AAS), P by molecular absorption spectrophotometry UV-VIS (MAS), S-SO₄⁻² by photocolometry by barium sulfate, B by the method Azometina-H, NTK by the method Kjeldahl, and, N-NH₄⁺ and N-NO₃⁻ by steam distillation with magnesium oxide (MgO) and alloy Devarda, respectively. In the second step it was made the production and characterization of the biofilms made by the potato starch blend and bacterial cellulose, by planning a model of ternary mixture. The biofilms were characterized according to physical, chemical and barrier properties. In the third step was made the application of the biofilms in strawberries minimally processed, and analyzed the quality indicators (fresh mass, total soluble solids (SST), total titratable acidity (ATT), relation between SST and ATT, pH, thickness, water activity (Aw), total count of aerobic mesophilic, phenolic compounds, anthocyanins, vitamin C, color, CO₂ and O₂ breathing activity). The bacterial cellulose larger production, 6 g.L⁻¹ was verified in the coconut water of ripe fruit fermented, added of KH₂PO₄, FeSO₄ and NaH₂PO₄, kept under agitation. There was a higher consumption of Na and N-NO₃⁻ in both of the fermentation process of coconut water from ripe and green fruit. The biofilms production can be made by the mixture method, configuring a cohesive matrix, with interaction between the compounds. Biofilms with higher concentration of potato starch showed higher density, weight, opacity, solubility and humidity. The bacterial cellulose promoted thick films, with swelling index faster, higher rate of steam water permeability and favored the monolayer humidity reduction. Biofilms with higher concentration of glycerol are hydrophilic. The biofilms application in strawberry cv Festival, with composition 47,25% of potato starch, 35,25% of bacterial cellulose and 17,5% of glycerol, was efficient in the fresh mass indicators until 120 hours and, total total soluble solids, total titratable acidity, relation between total soluble solids and total titratable acidity, phenolic compounds, antioxidants, chroma a*, chroma b*, total count of aerobic mesophilic until 192h. The pure bacterial cellulose showed efficient as cover in the parameters of mass loss until 144h and pH, firmness, water activity, anthocyanins, total count of aerobic mesophilic breathing activity CO₂ until 192h. Therefore, the application of the biofilms made by potato starch blend and bacterial cellulose offers a utilization potential in the conserved strawberries by methods combined (biofilm and refrigeration/cooling), and it can increase the physical, chemical and microbiological stability of the products. Besides, it may favor the consumer acceptance by improving the appearance and properties maintenance. So, the application of the biofilms made by potato starch blends and bacterial cellulose can satisfactorily be employed as protector coating over strawberries.

Key-words: minerals, bacterial cellulose, starch potato, biofilm, strawberries.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	ESTRUTURA MOLECULAR DA AMIOLOSE.....	32
FIGURA 2.2	ESTRUTURA MOLECULAR DA AMILOPECTINA.....	33
FIGURA 2.3	TRATAMENTO HIDROTÉRMICO SOBRE O AMIDO.....	34
FIGURA 2.4	ESTRUTURA MOLECULAR DA CELULOSE BACTERIANA (A) E DESENHO ESQUEMÁTICO DA MICROESTRUTURA DA CELULOSE BACTERIANA (B) (1 – CADEIA LINEAR, 2 – MICROFIBRILA DE CELULOSE BACTERIANA, 3 – MICROFIBRILAS COMPACTADAS).....	41
FIGURA 2.5	MICROSCOPIA ELETRÔNICA: (A) CELULOSE BACTERIANA (X20,000/2µM); (B) CELULOSE DE PLANTAS (X200/200µM).....	42
FIGURA 2.6	PRODUÇÃO DE CELULOSE POR <i>Acetobacter xylinum</i> EM CULTURA ESTÁTICA (A) E EM AGITAÇÃO (B).....	43
FIGURA 2.7	BIOSSÍNTESE DA CELULOSE EM <i>Acetobacter xylinum</i>	44
FIGURA 2.8	ESQUEMA DE FORMAÇÃO DA CELULOSE BACTERIANA.....	45
FIGURA 2.9	COCO E SEUS PRODUTOS INTERMEDIÁRIOS, CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS E POSSIBILIDADES TECNOLÓGICAS.....	48
FIGURA 2.10	DISTRIBUIÇÃO POR CONTINENTE DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE MORANGO EM 2006.....	52
FIGURA 3.1	VARIÇÃO PERCENTUAL NA CONCENTRAÇÃO DOS MINERAIS DO PROCESSO FERMENTATIVO EM ÁGUA DE COCO DE FRUTA MADURA E A PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA: (A) K, (B) NA, (C) Mg, (D) Fe, (E) B, (F) P, (G) S-SO ₄ ⁻² , (H) NTK, (I) N-NO ₃ ⁻ E (J) N-NH ₄ ⁺	68
FIGURA 3.2	VARIÇÃO PERCENTUAL NA CONCENTRAÇÃO DOS MINERAIS DO PROCESSO FERMENTATIVO EM ÁGUA DE COCO DE FRUTA VERDE E A PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA: (A) K, (B) NA, (C) Mg, (D) Fe, (E) B, (F) P, (G) S-SO ₄ ⁻² , (H) NTK, (I) N-NO ₃ ⁻ E (J) N-NH ₄ ⁺	71
FIGURA 3.3	GRÁFICO DOS ESCORES (A) E DE PESOS (B) DA ANÁLISE POR PCA DOS DADOS DA CONCENTRAÇÃO PERCENTUAL DOS MINERAIS NOS TRATAMENTOS DE FERMENTADOS: FACM -0H (▲) E FACM-168H (▽), FACV-0H (■) E FACV-168H (□).....	76
FIGURA 4.1	CELULOSE BACTERIANA: (A) PURIFICADA; (B) SECA; (C) TRITURADA.....	82
FIGURA 4.2	INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA ESPESSURA: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL.....	94
FIGURA 4.3	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A ESPESSURA.....	95
FIGURA 4.4	DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE ESPESSURA.....	95
FIGURA 4.5	INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA GRAMATURA: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL.....	96
FIGURA 4.6	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A GRAMATURA.....	97
FIGURA 4.7	DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A GRAMATURA.....	98
FIGURA 4.8	INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA DENSIDADE: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL.....	99
FIGURA 4.9	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A DENSIDADE.....	100
FIGURA 4.10	DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A DENSIDADE.....	100
FIGURA 4.11	INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA OPACIDADE: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL.....	101
FIGURA 4.12	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A OPACIDADE.....	103
FIGURA 4.13	DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A OPACIDADE.....	103
FIGURA 4.14	INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA SOLUBILIDADE: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL.....	106
FIGURA 4.15	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME	

	SOBRE A SOLUBILIDADE.....	107
FIGURA 4.16	DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A SOLUBILIDADE.....	107
FIGURA 4.17	INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA UMIDADE: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL.....	109
FIGURA 4.18	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A UMIDADE.....	110
FIGURA 4.19	DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A UMIDADE.....	110
FIGURA 4.20	INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO: (A) Ph 1,8 12,5% DE GLICEROL; (B) Ph 1,8 17,5% DE GLICEROL; (C) Ph 8,0 12,5% DE GLICEROL; (D) Ph 8,0 17,5% DE GLICEROL.....	112
FIGURA 4.21	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO: (A) Ph 1,8 1 MINUTO; (B) Ph 1,8 10 MINUTOS; (C) Ph 1,8 30 MINUTOS; (D) Ph 1,8 60 MINUTOS; (E) Ph 8,0 1 MINUTO; (F) Ph 8,0 10 MINUTOS; (G) Ph 8,0 30 MINUTOS; (H) Ph 8,0 60 MINUTOS.....	115
FIGURA 4.22	DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM Ph 1,8 DURANTE OS TEMPOS: (A) 1 MINUTO; (B) 10 MINUTOS; (C) 30 MINUTOS; (D) 60 MINUTOS.....	116
FIGURA 4.23	DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM Ph 8,0 DURANTE OS TEMPOS: (A) 1 MINUTO; (B) 10 MINUTOS; (C) 30 MINUTOS; (D) 60 MINUTOS.....	118
FIGURA 4.24	INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA TPVA: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL.....	121
FIGURA 4.25	INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA PVA: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL.....	121
FIGURA 4.26	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A PVA.....	123
FIGURA 4.27	DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A TPVA E PVA: (A) TPVA; (B) PVA.....	123
FIGURA 4.28	ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DE ÁGUA EM BIOFILMES COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES, SUBMETIDOS A TEMPERATURAS DE 20°C E 30°C, AJUSTADAS PELO MODELO MATEMÁTICO DE GAB.....	128
FIGURA 4.29	MICROGRAFIAS DOS BIOFILMES OBTIDAS POR MEIO DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	132
FIGURA 4.30	ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER.....	134
FIGURA 4.31	ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER EM TRATAMENTOS SEM CELULOSE BACTERIANA.....	135
FIGURA 4.32	ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA): (A) GRÁFICO DOS ESCORES; (B) GRÁFICO DOS PESOS.....	137
FIGURA 5.1	EVOLUÇÃO DA PERDA DE MASSA (%) EM MORANGO CV. FESTIVAL REVESTIDO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	154
FIGURA 5.2	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DA PERDA DE MASSA, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGOS CV. FESTIVAL REVESTIDO COM BIOFILMES DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	155
FIGURA 5.3	ESPESSURA DOS BIOFILMES APLICADOS EM MORANGO CV FESTIVAL.....	157
FIGURA 5.4	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A PERDA DE MASSA DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) PERDA DE MASSA 0H, (B) PERDA DE MASSA 192H.....	158
FIGURA 5.5	EVOLUÇÃO DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (% DE ÁCIDO CÍTRICO) EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	161
FIGURA 5.6	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGOS CV. FESTIVAL COBERTOS COM BIOFILMES DE DIFERENTES	

	CONCENTRAÇÕES.....	162
FIGURA 5.7	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL 0H, (B) ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL 192H.....	163
FIGURA 5.8	EVOLUÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX) EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	165
FIGURA 5.9	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGOS CV. FESTIVAL REVESTIDO COM BIOFILMES DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	166
FIGURA 5.10	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS 0H, (B) SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS 192H.....	167
FIGURA 5.11	EVOLUÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX) E ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (% DE ÁCIDO CÍTRICO) EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	168
FIGURA 5.12	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DA RAZÃO ENTRE SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGOS CV. FESTIVAL COBERTO COM BIOFILMES DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	170
FIGURA 5.13	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A RAZÃO ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (STT) E A ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT) DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) SST/ATT 0H; (B) SST/ATT 192H.....	171
FIGURA 5.14	EVOLUÇÃO DO Ph EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	173
FIGURA 5.15	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DO Ph, ENTRE O INICIO E FINAL DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGO CV FESTIVAL REVESTIDO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	174
FIGURA 5.16	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O Ph DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) Ph 0H; (B) Ph 192H.....	174
FIGURA 5.17	EVOLUÇÃO DA FIRMEZA EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	175
FIGURA 5.18	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NOS VALORES DA FIRMEZA, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO, EM MORANGO CV FESTIVAL..	177
FIGURA 5.19	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A FIRMEZA EM MORANGO CV FESTIVAL, REVESTIDOS COM BIOFILMES EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES: (A) FIRMEZA 0H, (B) FIRMEZA 192H.....	178
FIGURA 5.20	EVOLUÇÃO DO AW EM MORANGO CV. FESTIVAL REVESTIDO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	179
FIGURA 5.21	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) ENTRE O INICIO E FINAL DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGO CV FESTIVAL REVESTIDO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	181
FIGURA 5.22	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A AW DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) AW 0H; (B) AW 192H.....	182
FIGURA 5.23	EVOLUÇÃO DA CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	184
FIGURA 5.24	MORANGOS COM BIOFILME.....	186
FIGURA 5.25	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS 0H; (B) CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS 192H.....	186

FIGURA 5.26	EVOLUÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	188
FIGURA 5.27	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS ENTRE OS TRATAMENTOS DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO.....	189
FIGURA 5.28	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE OS COMPOSTOS FENÓLICOS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) COMPOSTOS FENÓLICOS 0H; (B) COMPOSTOS FENÓLICOS 192H.....	190
FIGURA 5.29	EVOLUÇÃO DE ANTOCIANINAS EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	192
FIGURA 5.30	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO.....	194
FIGURA 5.31	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE AS ANTOCIANINAS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) ANTOCIANINA 0H; (B) ANTOCIANINA 192H.....	195
FIGURA 5.32	EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM MORANGO CV. FESTIVAL REVESTIDO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	196
FIGURA 5.33	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE ANTIOXIDANTES ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO EM MORANGO CV FESTIVAL.....	197
FIGURA 5.34	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE OS ANTIOXIDANTES DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) ANTIOXIDANTES 0H; (B) ANTIOXIDANTES 192H.....	198
FIGURA 5.35	EVOLUÇÃO DA VITAMINA C EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	200
FIGURA 5.36	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE VITAMINA C ENTRE OS TRATAMENTOS DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO.....	202
FIGURA 5.37	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE OS COMPOSTOS FENÓLICOS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) VITAMINA C. 0H; (B) VITAMINA C 192H.....	202
FIGURA 5.38	EVOLUÇÃO DA COR EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	207
FIGURA 5.39	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NOS VALORES DO CROMA ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO.....	208
FIGURA 5.40	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O CROMA DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) CROMA 0H; (B) CROMA 192H.....	209
FIGURA 5.41	COLORAÇÃO DA SOLUÇÃO FILMOGÊNICA.....	210
FIGURA 5.42	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE HUE ANGLE ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO.....	210
FIGURA 5.43	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O HUE ANGLE DURANTE O ARMAZENAMENTO DO MORANGO: (A) HUE ANGLE 0H; (B) HUE ANGLE 192H.....	211
FIGURA 5.44	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS VALORES DA LUMINOSIDADE ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO.....	212
FIGURA 5.45	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A LUMINOSIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) LUMINOSIDADE 0H; (B) LUMINOSIDADE 192H.....	213
FIGURA 5.46	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS VALORES DO CROMA a* ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO.....	214
FIGURA 5.47	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O CROMA a* DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) CROMA a* 0H; (B) CROMA a* 192H.....	215
FIGURA 5.48	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS VALORES DO CROMA B* ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO.....	216
FIGURA 5.49	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O CROMA b* DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) CROMA b* 0H; (B) CROMA b* 192H.....	217

FIGURA 5.50	EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA, EM TERMOS DE CO ₂ E O ₂ , EM MORANGO CV. FESTIVAL REVESTIDO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	221
FIGURA 5.51	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ E O ₂ , ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO, EM MORANGO CV FESTIVAL: (A) CO ₂ ; (B) O ₂	223
FIGURA 5.52	QUOCIENTE RESPIRATÓRIO (CO ₂ /O ₂) EM MORANGO CV FESTIVAL REVESTIDO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME.....	224
FIGURA 5.53	MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM TERMOS DE CO ₂ E O ₂ , EM MORANGO CV FESTIVAL REVESTIDOS COM BIOFILMES EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES: (A) CO ₂ 0H, (B) CO ₂ 192H, (C) O ₂ 0H, (D) CO ₂	225
FIGURA 5.54	ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA): (A) GRÁFICO DOS ESCORES; (B) GRÁFICO DOS PESOS.....	226

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1	CONTEÚDO DE AMILOSE EM AMIDOS	33
TABELA 2.2	PRODUÇÃO DE MORANGO NO BRASIL E PRINCIPAIS PRODUTORES EM 2006/2007.....	53
TABELA 3.1	PLANEJAMENTO FATORIAL FRACIONADO 2 ⁷⁻²	58
TABELA 3.2	RENDIMENTO DA PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA EM ÁGUA DE COCO DE FRUTA MADURA (FACM) E VERDE (FACV).....	62
TABELA 3.3A	EFEITOS DA REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P ≤0,05) DA PRODUÇÃO DE CELULOSE EM FACM E FACV.....	261
TABELA 3.4A	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES OBTIDOS DA PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA EM FACM, DURANTE 168H.	261
TABELA 3.5A	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES OBTIDOS DA PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA EM FACV, DURANTE 168H..	262
TABELA 3.6	CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS EM FERMENTADO COM ÁGUA DE COCO DE FRUTA MADURA.....	64
TABELA 3.7	CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS EM FERMENTADO COM ÁGUA DE COCO DE FRUTA VERDE.....	65
TABELA 3.8	CONSUMO DE MINERAIS DE ACORDO COM A FORMA DE CULTIVO.....	66
TABELA 3.9	CONSUMO MÉDIO DE MINERAIS DE ACORDO COM A PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA.....	72
TABELA 3.10A	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS MINERAIS K, B E S-SO ₄ ⁻² EM FACM.....	263
TABELA 3.11A	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS MINERAIS Mg, Fe, B, P, S-SO ₄ ⁻² , EM FACV.....	263
TABELA 3.12	CONSUMO DE MINERAIS DE ACORDO COM O MEIO DE CULTIVO.....	75
TABELA 4.1	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL POR MODELO DE MISTURA.....	82
TABELA 4.2	ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) EM DIFERENTES TEMPERATURAS E CONCENTRAÇÕES DE ÁCIDO SULFÚRICO.....	88
TABELA 4.3	TEORES DOS COMPONENTES DA FÉCULA DE BATATA.....	91
TABELA 4.4	RESULTADOS DAS PROPRIEDADES ESPESSURA, GRAMATURA, DENSIDADE E OPACIDADE EM BIOFILMES COM FÉCULAS DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL.....	93
TABELA 4.5B	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DA ESPESSURA E GRAMATURA, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	264
TABELA 4.6B	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DA DENSIDADE E OPACIDADE, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	264
TABELA 4.7B	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P≤0,05) DA ESPESSURA E GRAMATURA, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	264
TABELA 4.8B	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P≤0,05) DA DENSIDADE E OPACIDADE, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	265
TABELA 4.9	RESULTADOS DA SOLUBILIDADE, UMIDADE E ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 1,8 E 8,0 EM BIOFILMES DE COM FÉCULAS DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL.....	105
TABELA 4.10B	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DA UMIDADE E SOLUBILIDADE, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	265
TABELA 4.11B	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO pH 1,8 (1 E 10 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	265

TABELA 4.12B	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO pH 1,8 (30 E 60 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	266
TABELA 4.13B	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO pH 8,0 (1 E 10 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	266
TABELA 4.14B	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO pH 8,0 (30 E 60 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	266
TABELA 4.15B	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA UMIDADE E SOLUBILIDADE, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	267
TABELA 4.16B	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 1.8 (1 E 10 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	267
TABELA 4.17B	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 1.8 (30 E 60 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	267
TABELA 4.18B	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 8 (1 E 10 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	268
TABELA 4.19B	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 8 (30 E 60 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	268
TABELA 4.20	RESULTADOS DA TPVA E PVA EM BIOFILMES DE COM FÉCULAS DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL.....	120
TABELA 4.21B	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DA TPVA E PVA, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	268
TABELA 4.22B	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA TPVA E PVA, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	269
TABELA 4.23	PARÂMETRO DE AJUSTE DO MODELO GAB PARA AS ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DOS TRATAMENTOS NAS TEMPERATURAS DE 20°C E 30°C E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2).....	125
TABELA 5.1C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DE MASSA EM MORANGO CV 'FESTIVAL' COBERTO COM BIOFILME DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	270
TABELA 5.2	CARACTERÍSTICAS DA PERDA DE MASSA (%) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	154
TABELA 5.3C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA MASSA A 0H E 192H.....	270
TABELA 5.4C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL EM MORANGO CV 'FESTIVAL' COBERTO COM BIOFILME DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E	

	GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	270
TABELA 5.5	CARACTERÍSTICAS DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT) (% DE ÁCIDO CÍTRICO) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	159
TABELA 5.6C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DOS ATT A 0H E 192H.....	271
TABELA 5.7C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS EM MORANGO FESTIVAL, COBERTO COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	271
TABELA 5.8	CARACTERÍSTICAS DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST) (°BRUX) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	164
TABELA 5.9C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS A 0H E 192H.....	272
TABELA 5.10C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DA RAZÃO ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E A ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL EM MORANGO FESTIVAL, COBERTO COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	272
TABELA 5.11	CARACTERÍSTICAS DA RAZÃO ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST) E A ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	169
TABELA 5.12C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA RELAÇÃO ENTRE SST/ATT A 0H E 192H..	272
TABELA 5.13C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DO pH EM MORANGO FESTIVAL, COBERTO COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	273
TABELA 5.14	CARACTERÍSTICAS DO pH EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTOS COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	172
TABELA 5.15	pH DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS.....	172
TABELA 5.16C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO pH A 0H E 192H.....	273
TABELA 5.17C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIAS DOS VALORES DA FIRMEZA EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	273
TABELA 5.18	VALORES DA FIRMEZA EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO.....	176
TABELA 5.19C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA FIRMEZA A 0H E 192H.....	274
TABELA 5.20C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DA ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	274
TABELA 5.21	CARACTERÍSTICAS DA ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	180
TABELA 5.22C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA AW A 0H E 192H.....	275
TABELA 5.23C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DAS CONTAGENS DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	275
TABELA 5.24	CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS EM MORANGO CV	

	FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO.....	183
TABELA 5.25C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS A 0H E 192H.....	275
TABELA 5.26C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DOS COMPOSTOS FENÓLICOS EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	276
TABELA 5.27	CARACTERÍSTICAS DOS COMPOSTOS FENÓLICOS EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	187
TABELA 5.28C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DOS COMPOSTOS FENÓLICOS A 0H E 192H..	276
TABELA 5.29C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DA CONCENTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS EM MORANGO 'FESTIVAL', COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	276
TABELA 5.30	CONCENTRAÇÕES DE ANTOCIANINAS EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	191
TABELA 5.31C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DAS ANTOCIANINAS 0H E 192H.....	277
TABELA 5.32C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DAS CONCENTRAÇÕES DE ANTIOXIDANTES EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	277
TABELA 5.33	CONCENTRAÇÕES DE ANTIOXIDANTES EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO.....	196
TABELA 5.34C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTES A 0H E 192H.....	278
TABELA 5.35C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DA VITAMINA C EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	278
TABELA 5.36	CARACTERÍSTICAS DA VITAMINA C EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	199
TABELA 5.37C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA VITAMINA C A 0H E 192H.....	278
TABELA 5.38C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DA COR EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	279
TABELA 5.39	CARACTERÍSTICAS DA COR EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	204
TABELA 5.40C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA DO CROMA A 0H E 192H.....	280
TABELA 5.41C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA DO HUE ANGLE A 0H E 192H.....	280
TABELA 5.42C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA DA LUMINOSIDADE A 0H E 192H.....	280
TABELA 5.43C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO CROMA a^* A 0H E 192H.....	281
TABELA 5.44C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO CROMA b^* A 0H E 192H.....	281
TABELA 5.45C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA ÀS MÉDIAS DOS VALORES OBTIDOS DO CO ₂ NA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM MORANGO	

	FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	281
TABELA 5.46C	ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA ÀS MÉDIAS DOS VALORES OBTIDOS DO O ₂ NA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	282
TABELA 5.47	CONCENTRAÇÕES DE CO ₂ NA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM MORANGO CV FESTIVAL, COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO.....	218
TABELA 5.48	CONCENTRAÇÕES DE O ₂ NA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM MORANGO CV FESTIVAL, COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO.....	218
TABELA 5.49C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P≤0,05) DA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DO MORANGO, EM RELAÇÃO AO CO ₂ , A 0H E 192H.....	282
TABELA 5.50C	COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P≤0,05) DA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DO MORANGO, EM RELAÇÃO AO O ₂ , A 0H E 192H.....	283

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1	SUBSTÂNCIAS UTILIZADAS COMO REVESTIMENTO E SUAS PRINCIPAIS AÇÕES.....	29
QUADRO 2.2	APLICAÇÕES DA CELULOSE PRODUZIDA POR <i>Acetobacter xylinum</i>	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A-CB	Alta produção de celulose bacteriana
AAS	Espectrofotômetro de Absorção Atômica
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATT	Acidez total titulável
ATCC	<i>American Type Culture Collection</i>
AW	Atividade de água
B-BC	Baixa produção de celulose bacteriana
C	Constante relacionada à energia de interação das moléculas adsorvidas na monocamada
CB	Celulose bacteriana
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
FACM	Fermentado de água de coco de maduro
FACV	Fermentado de água de coco verde
FB	Fécula de batata
FES	Fotometria de Emissão de Chama
FRAP	<i>Ferric Reducing Ability of Plasma</i>
FTIR	Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier
GL	Glicerol
GAB	Guggenheim – Anderson – de Boer
K	Constante de GAB relacionada à energia de interação das moléculas adsorvidas na multicamada
MEV	Microscópio eletrônico de varredura
M-BC	Moderada produção de celulose bacteriana
NTK	Nitrogênio total Kjeldahl
PC	Componentes principais
PCA	<i>Plate Count</i> Ágar
PCA	Análise de componentes principais
PVA	Permeabilidade ao vapor de água
SST	Sólidos solúveis totais
SST/ATT	Relação entre sólidos solúveis totais e Acidez total titulável
TPVA	Taxa de permeabilidade ao vapor de água
TROLOX	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-carboxílico
UR	Umidade relativa
UFC	Unidade formadora de colônia
Xeq	Umidade de equilíbrio
Xm	Umidade na monocamada

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	14
LISTA DE QUADROS.....	19
LISTA DE SIGLAS.....	20
CAPÍTULO I.....	24
1 INTRODUÇÃO.....	24
1.1 OBJETIVOS.....	26
1.1.1 Objetivo geral.....	26
1.1.1.1 Objetivos específicos.....	26
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	26
CAPÍTULO II.....	28
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	28
2.1 BIOFILMES.....	28
2.2 AMIDO DE BATATA.....	31
2.3 PLASTIFICANTES.....	35
2.4 BIOPOLÍMEROS MICROBIANOS.....	35
2.5 <i>Acetobacter xylinum</i> E A PRODUÇÃO DE CELULOSE.....	38
2.6 SUBSTRATOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS MICROBIANOS.....	45
2.6.1 Água de Coco.....	47
2.7 BIOFILMES COMESTÍVEIS EM FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS.....	49
2.8 MORANGO.....	51
CAPÍTULO III.....	55
3 CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS NA PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA.....	55
3.1 INTRODUÇÃO.....	55
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
3.2.1 Material.....	56
3.2.2 Métodos.....	57
3.2.2.1 Preparo do inóculo.....	57
3.2.2.2 Produção de celulose bacteriana.....	57
3.2.2.3 Determinação de minerais.....	59
3.2.2.4 Análise dos dados.....	61
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
3.3.1 Rendimento da produção de celulose bacteriana.....	61
3.3.2 Influência dos minerais na produção de celulose bacteriana.....	63
3.3.3 Análise multivariada.....	75
3.4 CONCLUSÃO.....	77
CAPÍTULO IV.....	78
4 PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIOFILMES DE BLENDAS DE FÉCULA DE BATATA E CELULOSE BACTERIANA.....	78
4.1 INTRODUÇÃO.....	78
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	80
4.2.1 Material.....	80
4.2.2 Métodos.....	80
4.2.2.1 Caracterização da fécula de batata.....	81
4.2.2.2 Processamento de celulose bacteriana.....	81
4.2.2.3 Processamento de biofilme polimérico.....	82

4.2.2.4	Caracterização de propriedades físicas, químicas e de barreira de biofilmes poliméricos.....	83
4.2.2.4.1	Espessura, gramatura, densidade e opacidade.....	83
4.2.2.4.2	Solubilidade e índice de intumescimento.....	85
4.2.2.4.3	Umidade.....	86
4.2.2.4.4	Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) e permeabilidade ao vapor de água (PVA).....	86
4.2.2.4.5	Isoterma de adsorção de água.....	88
4.2.2.4.6	Análise estrutural dos biofilmes por microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	90
4.2.2.4.7	Análise da interação dos componentes do biofilme por espectroscopia de infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	90
4.2.2.5	Análise dos dados.....	90
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
4.3.1	Composição da fécula de batata.....	91
4.3.2	Espessura, gramatura, densidade e opacidade.....	93
4.3.3	Solubilidade, umidade e índice de intumescimento.....	104
4.3.4	Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) e permeabilidade ao vapor de água (PVA).....	119
4.3.5	Isoterma de Adsorção de Água.....	124
4.3.6	Análise estrutural dos biofilmes por microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	130
4.3.7	Análise da interação dos componentes do biofilme por espectroscopia de infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	133
4.3.8	Análise dos Componentes Principais – PCA.....	136
4.4	CONCLUSÃO.....	138
CAPÍTULO V.....		140
5	APLICAÇÃO DE BIOFILME DE BLENDAS DE FÉCULA DE BATATA E CELULOSE BACTERIANA NA CONSERVAÇÃO DE MORANGOS..	140
5.1	INTRODUÇÃO.....	140
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	145
5.2.1	Material.....	145
5.2.2	Métodos.....	145
5.2.2.1	Processamento mínimo do morango e revestimento.....	145
5.2.2.2	Avaliação da eficiência do biofilme.....	146
5.2.3	Análise dos dados.....	153
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	153
5.4.1	Massa.....	153
5.4.2	Acidez Total Titulável.....	159
5.4.3	Sólidos Solúveis Totais.....	163
5.4.4	Relação entre Sólidos Solúveis Totais e Acidez Total Titulável (SST/ATT)....	167
5.4.5	Potencial hidrogeniônico (pH).....	171
5.4.6	Firmeza.....	175
5.4.7	Atividade de água (Aw).....	178
5.4.8	Contagem Padrão de Mesófilos Aeróbios Totais.....	182
5.4.9	Compostos Fenólicos Totais.....	187
5.4.10	Antocianinas.....	191
5.4.11	Antioxidantes.....	195
5.4.12	Vitamina C.....	198
5.4.13	Cor.....	203
5.4.14	Atividade Respiratória.....	217
5.4.15	Análise dos componentes principais (PCA).....	225
5.5	CONCLUSÃO.....	227

CAPÍTULO VI.....	228
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	228
6.1 CONCLUSÃO.....	228
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	229
REFERÊNCIAS.....	231
APÊNDICE A.....	262
APÊNDICE B.....	265
APÊNDICE C.....	270

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A demanda por frutos processados é mundial, representando no Brasil um crescimento anual próximo de 20% e o consumo per capita em torno de 1,7%. Nos Estados Unidos da América (EUA) o consumo *per capita* das frutas processadas tem crescido em uma escala de 5% ao ano (Santana et al., 2008; Assis et al., 2008).

Os frutos processados apresentam diversos problemas técnicos e de preservação, o que os tornam consideravelmente mais perecíveis que os frutos *in natura* (não processados). O uso de embalagens protetoras visa controlar a perda de massa excessiva, por meio da transpiração e reduzir a respiração através das trocas gasosas com o meio. Quando esses dois fatores são controlados consegue-se retardar a senescência do produto, aumentando sua vida útil pós-colheita (Chitarra e Chitarra, 2005).

Atualmente, as principais formas, usualmente, empregadas para manter a qualidade de frutas e hortaliças estão relacionadas ao uso de embalagens poliméricas, manutenção em ambientes refrigerados, emprego de sanitizantes e, em alguns casos, a aplicação de atmosfera modificada e técnicas de irradiação. No entanto, ainda há significativas perdas de qualidade, pois as estratégias e técnicas de manutenção não tem sido suficiente para o processo de preservação.

Filmes produzidos a partir de polímeros naturais não tóxicos têm se firmado como uma nova categoria de materiais de alto potencial, para aplicação como revestimentos protetores comestíveis sobre frutos e legumes, principalmente em produtos minimamente processados (Assis et al., 2008), e têm chamado a atenção do seguimento de embalagens para a criação de novos mercados no setor e, por questões de biodegradabilidade (Batista et al., 2005).

A utilização de filmes e coberturas comestíveis está relacionada com sua capacidade de agir como um adjunto para promover maior qualidade, estendendo a vida de prateleira de produtos e possibilitando a economia com materiais de embalagem final (Fakhouri et al., 2007).

Os biofilmes são elaborados a partir de proteínas, polissacarídeos, lipídeos ou da combinação destes compostos. Filmes constituídos por proteínas e polissacarídeos apresentam

alta resistência mecânica e permeabilidade seletiva a gases, mas sensíveis à umidade, já aqueles elaborados apenas com lipídeos, mostram resistência à passagem de água, entretanto, apresentam-se opacos e quebradiços (Batista et al., 2005).

Os biofilmes podem conter ainda, antioxidantes, antimicrobianos e aditivos, os quais visam retardar a taxa de deterioração quando utilizados no envolvimento de um produto alimentício (Batista et al., 2005). A combinação de compostos pode resultar em melhores propriedades funcionais dos filmes, como de barreira e mecânica (Amorim, 2004), e proporcionar uma melhor atuação como revestimento comestível em função de poderem aumentar a vida útil, principalmente em frutas altamente perecíveis, como os morangos.

Em função da alta perecibilidade, a comercialização e a disponibilidade de morangos são restritas, devido à rápida deterioração dos frutos, causada pela senescência e doenças pós-colheita, que acarretam perdas consideráveis, tanto qualitativas quanto econômicas (Cantillano, 2003). Algumas tecnologias têm sido utilizadas com o intuito de agregar valor à fruta como o processamento mínimo, que aumenta ainda mais a perecibilidade.

Polissacarídeos de origem microbiana apresentam-se como novas perspectivas para auxiliar as propriedades de barreira e mecânica dos biofilmes. A celulose bacteriana, produzida por *Acetobacter xylinum*, tem como propriedades e características a permeabilidade para líquidos e gases, alta pureza química, cristalinidade, alta força de tensão, elasticidade, durabilidade, biodegradabilidade, sendo também atóxica e não alérgica. Na área alimentícia, pode ser aplicada como aditivo, emulsificante, fibra dietética e barreira mecânica (Mateos, 2007; Pacheco, 2004).

Considerando as propriedades e características da celulose bacteriana, o presente trabalho teve como intuito utilizar as melhores vantagens desses aspectos na preparação de biofilmes, com propriedades físico-químicas e mecânicas satisfatórias, para aplicação como cobertura em fruta altamente perecível. O interesse neste estudo se dá por fatores como a possibilidade de colaborar com a área de biopolímeros, na elucidação do comportamento do filme formado, cujas características da mistura ainda são pouco conhecidas, e, ainda, verificar a possibilidade de aplicação dos biofilmes comestíveis, no novo nicho de mercado, a tecnologia de conservação em frutas perecíveis.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de biofilme formado de blenda de fécula de batata e celulose bacteriana na conservação de fruta minimamente processada.

1.1.1.1 Objetivos Específicos

Verificar a influência dos minerais K, Na, Fe, Mg, P, S-SO₄⁻², B, NTK, N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ na produção da celulose bacteriana, pelo *Acetobacter xylinum* ATCC 23769, em relação ao meio e a forma de cultivo.

Avaliar as propriedades físicas, químicas e de barreira em biofilme formado por blendas de fécula de batata e celulose bacteriana, produzida por método de mistura.

Avaliar os efeitos da aplicação de composições de biofilmes celulósicos sobre parâmetros físicos, físico-químicos e microbiológicos, para manutenção da qualidade e aumento da conservação de morangos minimamente processados.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A tese está estruturada em seis capítulos, a saber: Introdução, Revisão de Literatura, Concentração de minerais na produção de celulose bacteriana, Produção e caracterização de biofilmes formados por blenda de celulose bacteriana e fécula de batata, Aplicação de biofilme de blenda de fécula de batata e celulose bacteriana na conservação de morangos e Conclusão.

O Capítulo 1 apresenta introdução, objetivos e a estrutura do trabalho. O Capítulo 2 expõe a revisão de literatura, apresentando uma abordagem sobre biofilmes, amido de batata, plastificantes, biopolímeros microbianos, *Acetobacter xylinum* e a produção de celulose, substratos utilizados na produção de biopolímeros microbianos, água de coco, biofilmes comestíveis em frutas minimamente processadas e morangos. O Capítulo 3 apresenta a concentração de minerais na produção de celulose bacteriana e, está estruturado em introdução, objetivo, material e métodos, resultados e discussão e a conclusão do capítulo. O Capítulo 4 aborda a produção e caracterização de biofilmes formados por blenda de fécula de

batata e celulose bacteriana e, está estruturado em introdução, objetivo, material e métodos, resultados e discussão, e a conclusão do capítulo. O Capítulo 5 apresenta a aplicação de blendas de fécula de batata e celulose bacteriana na conservação de morangos e, está estruturado em introdução, objetivo, material e métodos, resultados e discussão, e a conclusão do capítulo. O Capítulo 6 apresenta a conclusão do trabalho, baseado nas análises efetuadas nos capítulos anteriores. Finalizando são apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BIOFILMES

Aplicação de revestimentos e coberturas, comestíveis ou não, em produtos naturais, particularmente sobre vegetais com objetivo de aumentar seu período de conservação, não consiste em prática recente (Assis et al., 2008). Emulsões derivados de óleos minerais têm sido empregadas desde o século XII e XIII na China, para elevar a conservação de frutos cítricos por longas distâncias (Debeaufort et al., 1998).

No período das navegações e das grandes expansões territoriais, frutos, legumes tropicais e carnes eram transportados das colônias aos impérios, imersos em tonéis com banha ou acondicionados em recipientes saturados de mel (Guilbert e Biquet, 1995; Assis et al., 2009).

Na década de 1950, a cera de carnaúba foi o principal produto introduzido para o revestimento de frutas e verduras. Contudo, devido à aparência fosca resultante de sua aplicação, polietileno e parafina foram adicionados para melhorar o visual. No período de 1960 vernizes processados a partir de gomas solúveis em água se tornaram populares nos revestimentos de cítricos e frutas em geral. As coberturas comestíveis como hoje se conhecem são mais recentes, e datam das décadas finais do século passado (o termo cobertura comestível surgiu por volta de 1970), e vieram acompanhadas da expansão na oferta de produtos processados (alimentos minimamente processados) visando à melhoria da qualidade e extensão da vida de prateleira de vários tipos de produtos (Assis e Leoni, 2003).

Existe interesse pelo desenvolvimento de biofilmes comestíveis ou filmes degradáveis biologicamente, devido à demanda por alimentos de alta qualidade, às preocupações ambientais sobre o descarte das materiais não renováveis das embalagens para alimentos e às oportunidades para criar novos mercados às matérias-primas formadoras de filme, derivadas de produtos agrícolas (Tanada-Palmu et al., 2002).

Os filmes podem ser classificados em comestíveis ou biodegradáveis, dependendo dos constituintes utilizados para a sua produção e da quantidade das substâncias empregadas (Lemos, 2006). Podem ser utilizados como filmes ou coberturas. A diferença básica é que os

filmes são pré-formados separadamente do produto e, as coberturas são formadas sobre a própria superfície do alimento, que pode ser por imersão ou aspersão (Maia et al., 2000).

Biofilmes são filmes finos preparados de materiais biológicos, que agem como barreiras a elementos externos e, conseqüentemente, podem proteger o produto e aumentar a sua vida de prateleira. São geralmente produzidos por polissacarídeos, proteínas, lipídios e derivados (Quadro 2.1).

Recobrimento	Principal ação
Alginato	Redução das perdas de água.
Caseína/ Monoglicérido acetilado/ Monoglicérido de ácido graxo	Barreira a gases; Manutenção da cor.
Amilose/ Amilopectina	Barreira a gases; Melhora a cor e dá firmeza; Ação antifúngica.
Zeínas	Barreira a gases; Redução de perdas de água; Ação antimicrobiana e manutenção da firmeza.
Pectina	Barreira a gases; Ação antifúngica; Manutenção da firmeza;
Lipídeos	Barreira a gases; Redução a perda de água.
Carboximetilcelulose (CMC)	Barreira a gases; Manutenção da cor.
Albumén do ovo	Manutenção da cor; Redução do escurecimento.
Proteína do soro do leite	Barreira a gases; Redução a perda de água; Manutenção da cor.
Proteínas de soja	Barreira a gases; Redução a perda de água; Manutenção da firmeza.
Cera da carnaúba	Barreira a gases; Redução a perda de água; Diminuição da desidratação superficial.
Cera de abelha	Barreira a gases; Redução a perda de água; Diminuição da desidratação superficial.
Quitosana	Ação antimicrobiana; Manutenção da cor e redução do escurecimento.
Goma xantana	Redução de perdas de água; Diminuição da desidratação superficial.
Carragenato	Redução de perdas de água.

Fonte: Assis et al. (2008).

QUADRO 2.1 - SUBSTÂNCIAS UTILIZADAS COMO REVESTIMENTO E SUAS PRINCIPAIS AÇÕES

As características requeridas da película comestível dependem, principalmente, das características do alimento. Assim, para produtos suscetíveis à oxidação, as películas devem apresentar baixa permeabilidade ao oxigênio (O₂). Frutas e hortaliças frescas requerem películas que permitam transferência moderada de gases para reduzir a respiração e evitar processos fermentativos resultantes de anaerobiose (Azeredo, 2003).

Algumas possíveis propriedades funcionais dos filmes como embalagem incluem: retardar a migração de umidade o transporte de gases (O₂, gás carbônico (CO₂)), a migração de óleo ou gordura, o transporte de solutos, oferecer uma integridade estrutural adicional aos

alimentos, podendo também reter compostos aromáticos e carregar aditivos alimentícios ou componentes com atividade anti-bacteriana ou anti fúngica, com liberação controlada sobre o produto onde foi aplicado (Assis et al. , 2008).

Essas propriedades dependem do biopolímero utilizado (conformação, peso molecular, distribuição de cargas, polaridade), das condições de fabricação (pH, tratamento térmico da solução, tipo e teor de aditivos, como os plastificantes), das condições ambientais (temperatura e umidade relativa), de propriedades funcionais como mecânicas (resistência e flexibilidade), ópticas (cor e opacidade), de barreira (permeabilidade ao vapor de água, ao O₂ e CO₂), solubilidade em água e propriedades sensoriais e, ainda parâmetros como custo e disponibilidade (Sobral, 2001; Monterrey-Quintero e Sobral, 2000).

No entanto, os biofilmes apresentam fracas propriedades mecânicas, devido ao fato de serem materiais finos e flexíveis. Neste contexto, surgem às misturas poliméricas biodegradáveis, as blendas poliméricas, como uma solução para a questão do alto preço dos biopolímeros e melhores propriedades mecânicas, comparada aos biofilmes. A mistura de polímeros tem como objetivo a obtenção de materiais com propriedades diferentes às dos polímeros puros, e frequentemente exhibe propriedades superiores quando comparadas às propriedades de cada componente polimérico, porém depende da compatibilidade entre os componentes (Bona, 2007). A principal vantagem das blendas é a simplicidade da preparação e fácil controle das propriedades físicas com a mudança das concentrações dos componentes (Amorim, 2004; Laurindo, 2007).

Os compósitos pertencem a uma classe de materiais heterogêneos, multifásicos, podendo ser ou não poliméricos, em que uma das fases, descontínua, dá a principal resistência ao esforço e a outra, contínua, é o meio de transferência desse esforço. São imiscíveis, em que seus componentes retêm algumas de suas características e o produto adquire propriedades diferentes às dos componentes separadamente, sendo que as características dos compósitos são afetadas acentuadamente pela interface entre seus componentes. Essa possível adesão interfacial entre as misturas depende de vários fatores, dentre eles os métodos empregados para a fabricação destes materiais (Bona, 2007).

A formação de filmes e coberturas comestíveis está baseada na dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos) e a adição de aditivo (plastificantes ou agentes de ligação), obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica que passará por uma operação de secagem. Nesta etapa, ocorre o aumento da

concentração do biopolímero na solução, devido à evaporação do solvente, e a agregação das moléculas, levando a formação de uma rede tridimensional (Vicentini, 2003).

2.2 AMIDO DE BATATA

A batata, tubérculo de origem andina, apresentou uma produção mundial em 2007 superiores a 321 milhões de toneladas, colhida em quase 20 milhões de hectares (FAO, 2009), e os grandes produtores mundiais são a China, Rússia, Índia, Estados Unidos, Polônia e Ucrânia, e o Brasil ocupa a 20ª posição (Leonel, 2005). O continente europeu produz 80,1 milhões, sendo o maior produtor, o continente asiático produz 70 milhões de toneladas, e os Estados Unidos da América (EUA) produzem 18,6 milhões de toneladas. A batata é o quarto alimento em volume de produção em todo o mundo, atrás apenas do trigo, milho e arroz, e a batateira é uma das plantas mais eficientes na produção de energia por unidade de área e tempo (Ávila et al., 2009).

No Brasil, a produção de batata em 2008 foi superior a 3,5 milhões de toneladas, em uma área de 144 mil hectares, enquanto o valor movimentado pela cadeia brasileira da batata em 2006 foi de aproximadamente 1,9 bilhões de reais. Em 2007, 90% da batata produzida no Brasil vieram das regiões Sudeste e Sul, e as áreas dos municípios Cristalina em Goiás, e a Chapada Diamantina, na Bahia, com altitude a partir de 900 m, foram responsáveis pelo restante da produção nacional. As condições climáticas nestas áreas são favoráveis para o cultivo da batata, e a produtividade supera 40 t.ha⁻¹, 60% acima da média brasileira, 25,4 t.ha⁻¹ em 2008 (Ávila et al., 2009).

Muitas são as formas de processamento de batata ainda pouco exploradas no Brasil, dentre elas a produção de fécula, flocos, farinhas e a grande quantidade de produtos extrusados como amidos pré-gelatinizados, farinhas instantâneas, *snacks*, sopas, macarrões e biscoitos (Leonel, 2005).

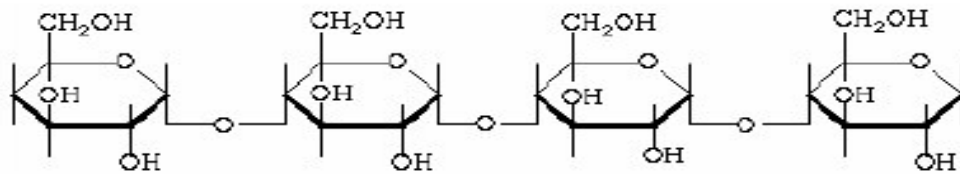
O amido é o biopolímero mais abundante, após a celulose, podendo ser extraído comercialmente de várias fontes como cereais (milho, trigo, arroz, aveia, sorgo), tubérculos (batata), raízes (mandioca, inhame), leguminosas (grão-de-bico, soja, lentilha, feijão) (Peroni, 2003; Huang, 2005).

No mundo são produzidos cerca de 48,5 milhões de toneladas de amido sendo os EUA responsáveis pela maior produção de amido de milho (24,6 milhões de toneladas, 62,4%) e a

União Européia a maior produtora de amido de batata (1,8 milhões de toneladas, 69,2%) e trigo (2,8 milhões de toneladas, 68,3%) (Franco et al., 2001).

O amido apresenta ampla aplicação na indústria de alimentos, cosméticos, papel, farmacêutica e têxtil e, atualmente vem sendo empregado como material termoplástico para aplicações em embalagens (Corradini et al., 2005). Na indústria de alimentos pode ser usada, principalmente, como agente gelificante, ligante e de enchimento (Cereda et al., 2002).

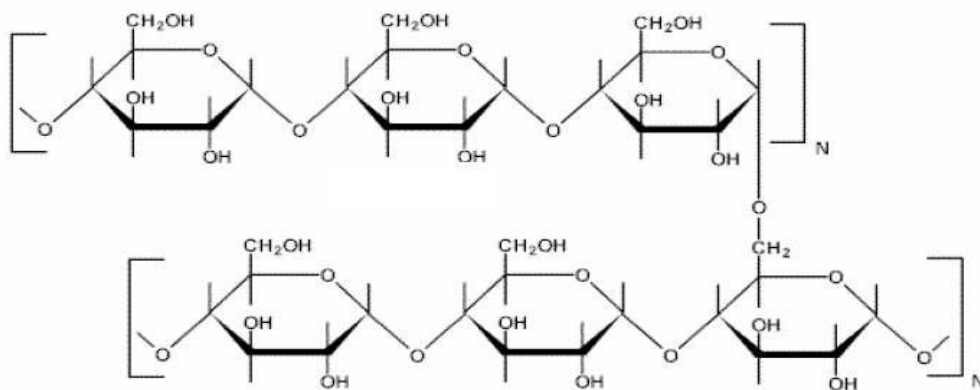
O amido é um polímero com massa molecular elevada, formado de unidades de D-glucopiranosose unidas por ligações glicosídicas. O amido compreende duas frações de homopolímeros: amilose e amilopectina. A amilose (Figura 2.2) é formada por uma cadeia não-ramificada, quase linear, composta de unidades ligadas de α -D-glucopiranosose por ligações glicosídicas α 1-4 (Pradella, 2006). Seu peso molecular é de 1×10^5 a 2×10^6 g.Mol⁻¹ e, seu comprimento pode variar de 4 a 100 unidades de glicose. Representa em média 15 a 30% do amido e, esse conteúdo varia de acordo com a fonte botânica, maturidade fisiológica e condições de solo e clima (Cereda et al., 2002; Tester et al., 2004).



Fonte: Pradella (2006)

FIGURA 2.1 – ESTRUTURA MOLECULAR DA AMILOSE

A molécula de amilopectina consiste em uma cadeia principal que carrega o grupo redutor e diversas cadeias ramificadas. A amilopectina é uma cadeia ramificada composta de unidades de α -D-glucopiranosose unidas por ligações α 1-4, contendo 5 a 6% de ligações cruzadas α 1-6, entre um grupo hidroxila de uma cadeia de glicose e o carbono 6 da glicose de outra cadeia (Figura 2.3). A amilopectina apresenta um tamanho médio das ramificações de aproximadamente 20 ou 30 unidades de glicose (Buléon et al., 1998).



Fonte: Pradella (2006).

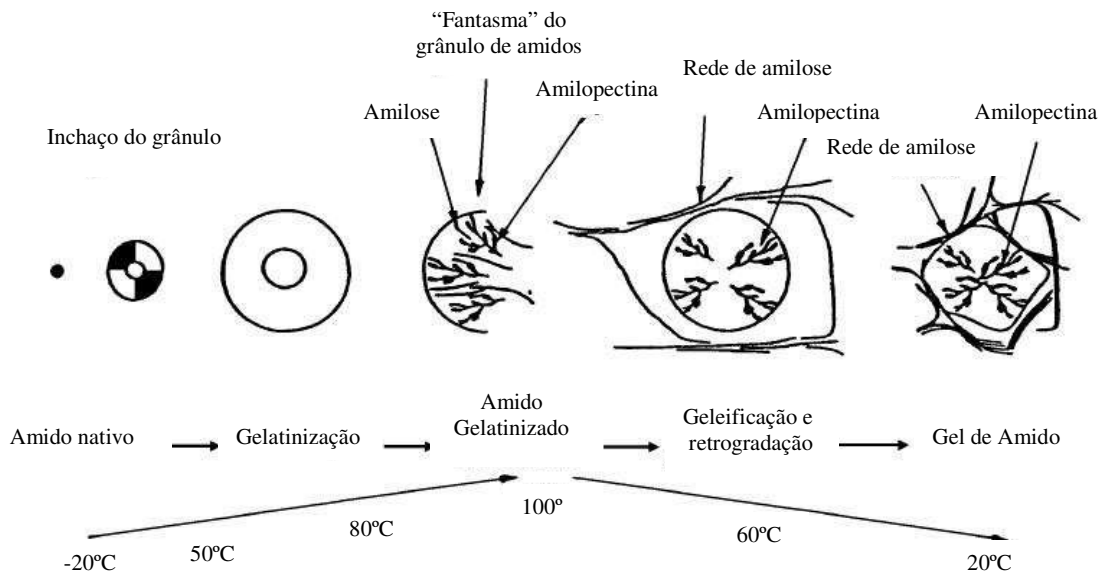
FIGURA 2.2 – ESTRUTURA MOLECULAR DA AMILOPECTINA

A amilose é a fração amorfa, menos organizada, com densidade que permite a penetração da água entre suas camadas e amilopectina, a fração mais organizada (cristalina) dos grânulos, mais densa, confere maior resistência à penetração da água e ação enzimática; ambas ligadas entre si por pontes de hidrogênio e envoltas por uma matriz protéica (Ezequiel, 2002). Em geral, os amidos contêm 20 a 30% de amilose e 70 a 80% de amilopectina, conforme a fonte botânica (Tabela 2.1), o que confere características específicas ao amido, e essas proporções influem na viscosidade e no poder de gelificação do amido (Cereda et al., 2002).

TABELA 2.1 – CONTEÚDO DE AMILOSE EM AMIDOS

Fonte de amido	Teor de amilose (%)	Referências
Milho	21	Bobbio e Bobbio (1989)
	25	Hernández et al. (2008)
Arroz	15-16-25	Bobbio e Bobbio (1989)
Batata doce	18	Bobbio e Bobbio (1989)
Mandioca	16-18-20	Bobbio e Bobbio (1989)
	18	Bobbio e Bobbio (1989)
	21	Hernández et al. (2008)
Batata	23	Alves et al (1999)
	21	Bobbio e Bobbio (1989)
Banana	21	Bobbio e Bobbio (1989)
	40	Hernández et al. (2008)
Trigo	20	Alves et al (1999)
	24	Bobbio e Bobbio (1989)
Inhame	30	Alves et al (1999)
Aveia	16-33	Wang e White (1994)
Ervilha	30	Bobbio e Bobbio (1989)

A gelatinização ocorre ao aquecer solução de amido em água (acima de 60%), causando uma mudança irreversível (Figura 2.3). O intumescimento dos grânulos ocorre quando as moléculas de água possuem energia cinética para superar as pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina, a hidratação acontece. Com a continuidade da expansão, o grânulo se rompe, liberando a amilose para a fase aquosa e iniciando a gelatinização (Zhou et al., 2002).



Fonte: Vicentini (2003).

FIGURA 2.3 – TRATAMENTO HIDROTÉRMICO SOBRE O AMIDO.

Após a gelatinização, devido à linearidade das moléculas de amilose, estas tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para formar pontes de hidrogênio entre as hidroxilas de polímeros próximos. Com isso, há redução de volume e a afinidade do polímero pela água é diminuída, o que permite ao amido gelatinizado formar filmes estáveis e flexíveis (Bobbio e Bobbio, 1995).

O baixo custo, a alta disponibilidade e a biodegradabilidade do amido são alguns motivos para que este biopolímero seja bastante estudado no sentido de ser modificado ou misturado com outras substâncias químicas para melhoramento de sua processabilidade, formando uma família bastante versátil de bioplásticos (Pradella, 2006) e biofilmes (Mali, et al., 2002; Tanada-Palmu e Grosso, 2003; Yamashita et al., 2005; Famá et al., 2007; Piran et al., 2008; Galdeano et al., 2009; Martins et al., 2009).

2.3 PLASTIFICANTES

Vários materiais podem ser incorporados aos filmes para melhorar as suas propriedades mecânicas, de proteção, sensoriais ou nutricionais. A influência de um aditivo nas propriedades de filmes depende de sua concentração, grau de dispersão e da interação com o polímero (Kester e Fennema, 1986).

A adição de um agente plastificante é necessária para superar a fragilidade dos biofilmes, que ficam quebradiços devido às extensivas forças intermoleculares. Os plastificantes reduzem essas forças, suavizam a rigidez da estrutura do filme e aumentam a mobilidade entre as cadeias biopoliméricas, melhorando as propriedades mecânicas do filme (Veiga-Santos et al., 2005).

O plastificante é uma molécula pequena de baixa volatilidade, e de natureza química similar a do polímero usado na constituição do filme (Swain et al., 2004). Os plastificantes mais utilizados são mono-, di- e oligossacarídeos (geralmente xaropes de glicose ou de glicose-frutose, mel), polióis (glicerol e derivados, polietilenoglicol, sorbitol), lipídeos e derivados (ácidos graxos, monoglicerídeos e seus ésteres, acetoglicéridos, fosfolipídios e outros emulsionantes) (Guilbert e Biquet, 1995; Famá et al., 2005).

No entanto, os plastificantes indicados para serem empregados em filmes de amido são os polióis, como o glicerol e o sorbitol, sendo materiais que interagem com as cadeias de amido por meio de pontes de hidrogênio (Mali et al., 2005). O glicerol consiste em uma molécula hidrofílica pequena, com três grupos hidroxilas, que interagem facilmente com as cadeias do amido (Mali et al., 2004). O sorbitol possui seis grupos hidroxilas, o que faz com que este tenha maior capacidade de interação com as moléculas de amido que o glicerol, sendo considerado menos hidrofílico que o glicerol (Jessen et al., 2007).

2.4 BIOPOLÍMEROS MICROBIANOS

Biopolímeros, polissacarídeos de origem microbiana, sintetizados por bactérias, fungos e leveduras (Rottava, 2005), conhecidos como gomas têm a capacidade de formar géis e soluções viscosas em meio aquoso (Moreira et al., 2003; Aquino, 2006). Essas propriedades são determinadas por sua composição química, agrupamentos e ligações moleculares, além de seu peso molecular (Bullock e Kristiansen, 1991).

Os biopolímeros ou polissacarídeos microbianos são classificados de acordo com sua localização morfológica: intracelulares (encontrado no interior da célula; como parte da membrana citoplasmática; integrante da parede celular, formados como parte estrutural das células) e extracelulares (exopolissacarídeos - EPS), produzidos no interior da célula, sendo posteriormente, secretados para o exterior, portanto, podem ser capsulares ou livres. Os de maior interesse são os extracelulares livres, devido a sua facilidade de obtenção, extração, purificação, possibilidade de uma produtividade elevada e menor custo para a indústria (Rottava, 2005; Souza e Garcia-Cruz, 2004).

Além da localização, os polissacarídeos extracelulares podem ser classificados em homo ou heteropolissacarídeos. Os homopolissacarídeos, como por exemplo, glucanas, alginatos, dextrana e levana, são constituídas por somente um tipo de açúcar (polímeros compostos de D-glicose) e são produzidos por uma só ou por um sistema simples de enzimas. Em contraste, os heteropolissacarídeos são constituídos por vários tipos de açúcares composto por unidades repetidas e alinhadas desde dissacarídeos até octassacarídeos (composto de dois a quatro tipos de monossacarídeos diferentes e muitos contêm grupos acetila, piruvato, hidroxibutirato e succinato), sintetizados por sistemas enzimáticos complexos (Ernandes e Garcia-Cruz, 2005; Souza e Garcia-Cruz, 2004; Borges et al., 2004).

Os exopolissacarídeos desempenham diferentes papéis, que incluem: proteger o microrganismo contra desidratação; servir de barreira, impedindo que fagos e anticorpos se liguem a sítios específicos sobre a parede celular; acoplar e neutralizar toxinas carregadas de íons metálicos tóxicos; atuar como fonte de carbono e energia; converter o excesso de substrato em uma massa espumosa que é difícil de ser metabolizada por outros microrganismos; interagir com células de animais ou plantas em relações específicas, simbióticas ou patogênicas (Pace, 1991).

Os biopolímeros apresentam-se como uma alternativa às gomas tradicionais, com aplicação em ampla faixa de pH e temperatura, produção independente de condições climáticas, possibilidade de utilização de matérias-primas regionais, maior rapidez na obtenção do produto acabado e necessidade de espaço operacional relativamente pequeno e um visível interesse por suas propriedades reológicas, sendo utilizados como espessantes, gelificantes e estabilizantes nas indústrias de alimentos, farmacêutica, química e petroquímica (Berwanger, 2005; Fontana, 2004).

Os polissacarídeos microbianos podem ser produzidos sob condições controladas e com espécies selecionadas, em que os problemas de variação de estrutura podem ser evitados,

apresentando vantagens em relação a outras gomas, tais como: não dependência das condições climáticas, possibilidade de utilização de matérias-primas regionais, maior rapidez na obtenção do produto acabado e necessidade de menor espaço físico das instalações fabris. Na indústria de alimentos a preferência por biopolímeros microbianos está voltada às suas propriedades e características funcionais, que estão relacionadas à capacidade de espessar, de manter partículas em suspensão e reter água, somada às vantagens de uma produção independente das condições climáticas e sob condições controladas. As propriedades funcionais dos biopolímeros são consideradas uma ferramenta poderosa para se criar novas texturas (Ernandes e Garcia-Cruz, 2005).

Um polissacarídeo somente apresenta propriedades de interesse comercial se forem capazes de apresentar característica de elevada viscosidade em ampla faixa de pH e temperatura, e composição química compatível com o metabolismo humano. Estudos estão sendo desenvolvidos para aperfeiçoar o processo de produção, visando à obtenção de biopolímeros com potencial aplicação industrial e alta produtividade. No entanto, é de extrema importância o desenvolvimento de processos econômicos que visam à redução de meios de cultura e do tempo de cultivo (Borges, 2004).

Berwanger (2005) relata que vários biopolímeros têm sido produzidos e utilizados em escala comercial/industrial, entre eles: dextrana (bactérias dos gêneros *Leuconostoc* e *Streptococcus*), xantana (bactérias do gênero *Xanthomonas*), curdulana (bactérias *Alcaligenes faecalis* var. *mixogenes* e *Agrobacterium radiobacter*), alginato bacteriano (bactérias dos gêneros *Azotobacter*, em especial *Azotobacter vinelandii*, e *Pseudomonas*), zanflo (bactéria *Erwinia tahitica*), gelana (*Sphingomonas paucimobilis*, anteriormente classificada como *Pseudomonas elodea*), welana (espécies de *Alcaligenes*), escleroglucana (diferentes espécies de *Sclerotium*), pululana (fungo *Aureobasidium pullulans*; *Rhodotorula bacarum*), celulose bacteriana (bactéria *Acetobacter xylinum*), ácido hialurônico de *Streptococcus equii*, succinoglucanade *Rhizobium*. O mesmo autor cita que outros polímeros como indicana (produzida por *Beijerinckia indica*), emulsana (produzida por *Acitenobacter calcoaceticus*), pululana (produzida pela levedura *Rhodotorula bacarum*), ciclossóforanas (produzidas por *Rhizobium*, *Agrobacterium* e alguma espécie de *Xanthomonas*), clairana (produzida por *Beijerinckia* sp.), diutana (produzida pelo gênero *Sphingomonas*) vêm sendo estudados, sem ainda terem sua produção em escala industrial.

Segundo Rottava (2005), quatro biopolímeros são aprovados pelo *Food and Drug Administration* (FDA) para uso alimentar: xantana, dextrana, curdulana e gelana. A

Legislação Brasileira, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), prevê o uso de xantana e da dextrana, e ainda não consta a curdulana e a gelana como um aditivo alimentar usual.

As aplicações existentes para biopolímeros são tão numerosas e diversas, que juntas, constituem um mercado substancial e em crescimento. São desde alimentos, bebidas, cosméticos, detergentes (e todas as embalagens necessárias) até materiais de construção, tintas, têxteis, produtos para a indústria automobilística e muitos outros produtos industriais (Pradella, 2006).

2.5 *Acetobacter xylinum* E A PRODUÇÃO DE CELULOSE

O nome do gênero *Acetobacter* foi originalmente utilizado para denominar todas as bactérias do ácido acético, hoje se sabe que estas compreendem um grupo bacteriano heterogêneo, envolvendo organismos que apresentam flagelos polares ou peritríquios. Outra propriedade é a alta tolerância a condições ácidas, a maioria das linhagens é capaz de crescer a valores de pH menores que 5,0 (Lima et al., 1975).

A bactéria *Acetobacter xylinum* pertence à família Acetobacteriaceae, do gênero *Acetobacter*, possuem a forma de bastonetes elipsoidais, retos ou ligeiramente curvos, com flagelos peritríquios ou lateral, aeróbico, Gram negativo, oxida lactato acético a dióxido de carbono e água, são catalase positiva, incapaz de liquefazer a gelatina, não reduz nitrato a nitrito e sua temperatura de morte é entre 65°C a 70°C. A colônia em meio sólido apresenta-se arredondada, pequena e de cor branca leitosa (Spinosa, 2002; Alaban, 1962).

Estudos sobre a *Acetobacter xylinum* descrevem a capacidade de produzir fibras de celulose, polissacarídeo, com características especiais: consistência gelatinosa, alta pureza, alta resistência e tensões (elasticidade), elevada capacidade de absorção de água, cristalinidade e uma estrutura reticular ultrafina compacta de fibras entrelaçadas (Ross et al., 1991; Brow, 1999; Okiyama et al., 1993).

A nata (termo de origem latina *natare* significando flotar) produzida pela *Acetobacter xylinum*, de natureza celulósica, se refere à massa sobrenadante formada na superfície de meio de cultura como sucos de frutas, soro de leite, folhas de chá-preto (Danesi e Wosiacki, 1998). Esta bactéria foi primeiramente descrita por Brow em 1886 (Jonas e Farah, 1998) sendo o principal agente biológico responsável pela formação da nata de coco (celulose bacteriana – polissacarídeo) (Iguch et al., 2000). Normalmente encontrada na superfície de plantas, frutas e

flores. Constitui a microbiota secundária de material vegetal em decomposição e está envolvida na acidificação bacteriana de sucos de frutas e bebidas alcoólicas (Spinosa, 2002; Pacheco et al., 2004).

A partir de 1930, foi observado que as α -proteobactérias *Acetobacter xylinum*, *Agrobacterium tumefaciens* e *Rhizobium* spp são capazes de produzir celulose. Recentemente, a produção desse polímero foi verificada nas γ -proteobactéria *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas fluorescens* sbw25 (Recouvreux et al., 2005).

A *Acetobacter xylinum* forma sobre a superfície dos meios HESTRIN & SCHRAMM (1954), ALABAN (1962) e MASAOKA (1992) uma capa de celulose, o que pode ser uma maneira do organismo assegurar sua permanência na interface líquido-ar, onde o oxigênio está mais concentrado. Acredita-se que a celulose sirva para manter a bactéria em ambiente aeróbio na superfície de frutas em decomposição, usando-o para a sua nutrição. A celulose pode atuar como uma matriz extracelular para acentuar a colonização pelas bactérias, prevenir o potencial dos competidores, e obter benefícios nos substratos. Outra possível função é a de oferecer proteção para as células face aos prejuízos causados pela luz ultravioleta. A película pode auxiliar na retenção da umidade, prevenindo o ressecamento dos substratos naturais enquanto a bactéria está se reproduzindo (Ross et al., 1991; Chávez-Pacheco et al., 2004).

Além da água de coco podem ser utilizados como meio de cultura para a produção da celulose bacteriana, os sucos cítricos de abacaxi e de tomate e o soro de leite. O meio de cultura HESTRIN e SCHRAMM (1954) é constituído de 2% de glicose, 0,5% peptona, 0,5% extrato de levedura, 0,27% anidro fosfato bisódio e 0,15% ácido cítrico monohidratado. O meio de cultura MASAOKA (1992) contém 2% de peptona, 0,5% de extrato de levedura, 0,5% de D-Glicose, 0,1% de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ e 0,2% de etanol. O meio de cultura ALABAN (1962) apresenta 0,2 g.L⁻¹ de sacarose, 0,05 g.L⁻¹ de peptona, 0,05 g.L⁻¹ de extrato de levedura, 0,027 g.L⁻¹ de anidro fosfato bisódio e 0,015 g.L⁻¹ de ácido cítrico monohidratado (Lacadin e Millan, 1980; Gomez et al., 1987).

O metabolismo da bactéria *Acetobacter xylinum* para a produção de celulose, encontra-se diretamente ligada à composição do meio utilizado para o seu crescimento e ao pH, tendo como principais fontes de carbono requeridas à glicose ou sacarose e um pH ótimo entre 4 e 6 (Vandamme et al., 1998; Masaoka, 1992).

Com respeito ao controle do pH no processo de fermentação, Vandamme et al. (1998) descrevem a utilização de ácido acético para o controle do mesmo, uma vez que o gênero

Acetobacter spp. pode oxidar o ácido acético em CO₂ e água, gerando ATP extra e favorecendo o alcance do pH desejável.

A celulose, produzida pela linhagem de *Acetobacter xylinum*, tem como características alta pureza química, cristalinidade, alta força de tensão, elasticidade, durabilidade, capacidade de retenção e absorção de água, biodegradabilidade, atóxica e não é alérgica (Recouvreux et al., 2005; Sutherland, 2001; Ross et al., 1991; Okiyama et al., 1993; Jonas e Farah, 1998).

As perspectivas biotecnológicas para a celulose bacteriana do *Acetobacter xylinum* está no aproveitamento da propriedade de ser permeável para líquidos e para gases, desta forma, na área de alimentos acredita-se que poderia resultar em algumas aplicações como aditivo de alimentos, emulsificante, fibra dietética, conservante comestível e digestivo, ou seja, impregnar os alimentos com a celulose, para barrar a entrada de bactérias e ainda auxiliar como fibra alimentar (Mateos, 2007; Pacheco et al., 2004).

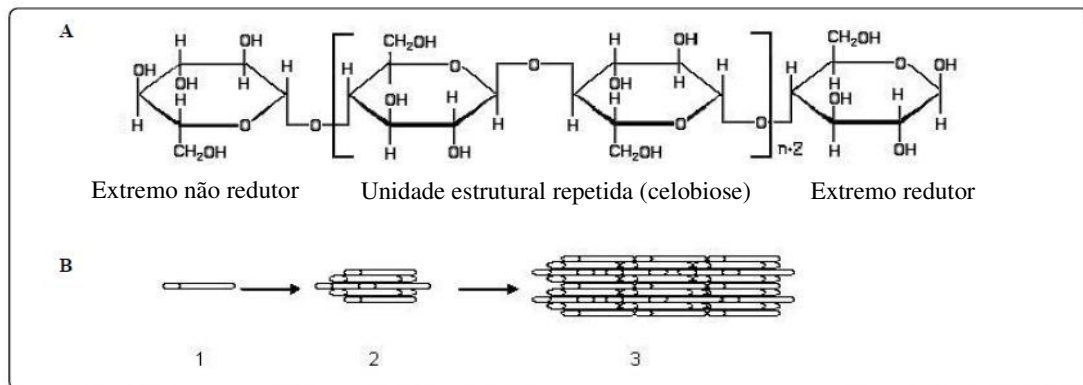
Embora a produção de celulose sintetizada por bactéria já venha sendo estudada desde 1930, avanços genéticos moleculares só aconteceram a partir de 1958, quando Glaser (1958) identificou o envolvimento da uridina difosfato glicose (UDP-glicose) na biossíntese de celulose.

Estudos intensivos da produção de celulose bacteriana, usando a bactéria *Acetobacter xylinum* como modelo, iniciaram a partir da descoberta por Ross et al. (1987) do regulador da biossíntese de celulose, diguanilmonofosfato cíclico (c-di-GMP). Lin et al. (1989) identificou três polipeptídeos com massa molecular de 83, 93 e 97 kDa, em um sistema de produção de celulose *in vitro* por *Acetobacter xylinum*. Estes autores sugeriram o possível envolvimento destes polipeptídeos na polimerização da glicose em celulose. Estes resultados foram confirmados por Lin et al. (1990), por meio da identificação do polipeptídeo de 83 kDa, como sendo a subunidade catalítica da celulose sintase. Saxena et al. (1995) publicou o primeiro trabalho propondo uma arquitetura multidomínio para as β-glicosiltransferases, classe de enzimas à qual pertence à celulose sintase.

A celulose bacteriana produzida pela *Acetobacter xylinum* tem como vantagem, sobre a extraída da madeira e do algodão de ser desprovida de lignina e hemicelulose; possui elevada capacidade de retenção de água devido a um diâmetro menor das microfibrilas, e uma maior área superficial, comparado com a celulose da madeira (absorção - retém até 100 vezes e seu peso); considerável elasticidade (resistência ao rasgo), podendo assumir ou ser produzida sob várias formas; alto grau de cristalinidade; força mecânica; pureza química, relacionada com polifenóis, açúcares contaminantes; inerte metabolicamente, não tóxica e não provoca reações

alérgicas ao contato (Okiyama et al., 1992; Vandamme et al., 1998). Em geral, a celulose bacteriana mostra-se estável em soluções básicas, mas suscetível a hidrólise alcalina em condições drásticas (NaOH 1M, 170°C) (Chávez-Pacheco et al., 2004).

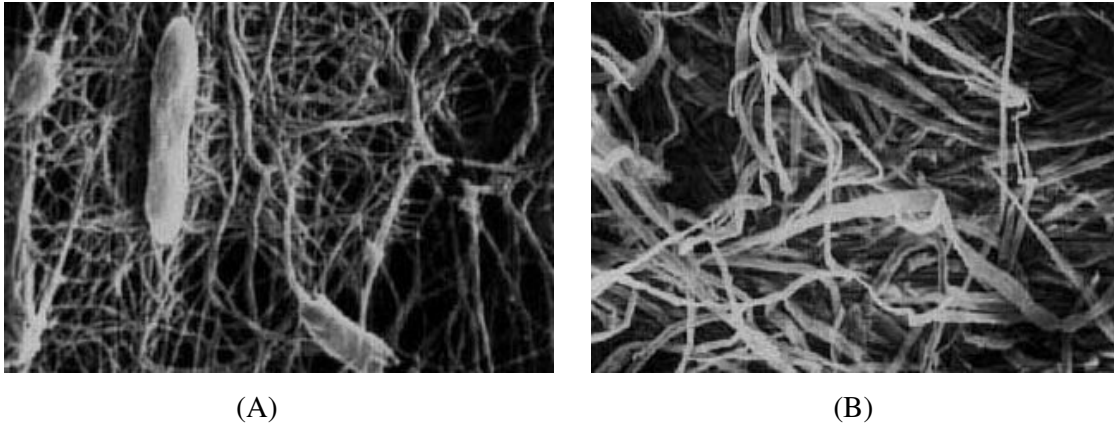
A celulose bacteriana consiste em um polímero insolúvel em água formado por ligações beta (1→4)-D-glicosídicas, com cadeia linear. As cadeias lineares do polímero se ligam por pontes de hidrogênio e forças de Van der Waals. A associação das cadeias (pelo menos 10) forma uma estrutura denominada “microfibrilas de celulose”. A produção se dá na forma de uma película extracelular (Jonas e Farah, 1998) com polaridade unidirecional e de espessura variável. O mecanismo de cristalização das microfibrilas, em *A. xylinum*, pode dar origem a duas formas de celulose: se as microfibrilas se orientam em forma paralela sintetiza a celulose I, se o aspecto das microfibrilas for antiparalelas se obtém a celulose II. O tratamento químico da celulose II (processo de mecerização industrial – tratamento alcalino) dá lugar a outras formas de celulose, denominadas de celulose III e IV, diferenciadas por sua estrutura cristalina. A microestrutura da celulose bacteriana forma microfibrilas com diâmetro de 4 a 7 nm e um grau de polimerização de 2,000 a 14,000 moléculas de glicose. As microfibrilas se cristalizam compactadas e em fitas, as quais alcançam uma espessura de 1 a 9 µm e formam uma extensa estrutura reticulada estabilizada por pontes de hidrogênio. A condensação das fitas dá lugar a uma estrutura tridimensional, a macroestrutura da celulose bacteriana (Figura 2.4) (Chávez-Pacheco et al., 2004).



Fonte: Chávez-Pacheco et al. (2004).

FIGURA 2.4 - ESTRUTURA MOLECULAR DA CELULOSE BACTERIANA (A) E DESENHO ESQUEMÁTICO DA MICROESTRUTURA DA CELULOSE BACTERIANA (B) (1 - CADEIA LINEAR, 2 - MICROFIBRILA DE CELULOSE BACTERIANA, 3 - MICROFIBRILAS COMPACTADAS)

Embora muito similar à celulose de madeira, a celulose bacteriana é descrita como uma fibra aproximadamente 300 vezes maior que a encontrada em celulose de madeira (Figura 2.5) em relação a área superficial. Essas fibras finas fornecem uma textura mais suave às formulações de alimentos (Lima et al., 2001).



FONTE: Shoda (2007).

FIGURA 2.5 – MICROSCOPIA ELETRÔNICA: (A) CELULOSE BACTERIANA (X20,000/2µm); (B) CELULOSE DE PLANTAS (X200/200µm)

Devido suas características peculiares, a celulose bacteriana, tem sido utilizada em inúmeras aplicações industriais (Quadro 2.2).

Produtos industrializados	
Alimentos	Sobremesa (nata de coco, sorvetes com baixa caloria, lanches, doces)
	Espessantes (sorvetes e temperos para saladas)
	Bases para redução de peso
	Bases para alimentos artificiais
	Tripas para embutidos
	Soro para redução de colesterol (US patente 4,960,763)
	Elixir Kombucha ou chá Manchurian
Medicina	Curativos para ferimentos (Patente EP 323717)
	Agentes para produção de remédios orais e dermatológicos
	Substituto temporário da pele humana (Patente com nome BioFill, aplicações e propriedade descritas por Farah; Jonas (1998))
Cosméticos e Estética	Adstringente. Base para unhas artificiais. Espessantes e fortificantes.
Meio Ambiente	Esponja para remover derramamento de óleos
	Base para remoção de materiais tóxicos
Petróleo e Mineração	Recuperação de minérios e óleos (US Patents 5,011, 596,797)
Vestimentas e Calçados	Produtos de couro artificial
Esporte ao ar livre	Barraca e utensílios para acampamentos
Produtos para bebês	Fraldas descartáveis
	Pomadas (Johnson & Johnson)

Produtos para Áudio	Diafragma de alto-falante e fones de ouvido (Sony Corporation)
Produtos florestais	Compensados
	Caixas de alta resistência

FONTE: Brown (1999).

QUADRO 2.2 - APLICAÇÕES DA CELULOSE PRODUZIDA POR *Acetobacter xylinum*

Segundo Jonas e Farah (1998) o processo de formação da celulose ocorre no meio/película interface e as fontes nutritivas precisam ser transportada pela película até sua superfície (Figura 2.6). Para Iguch et al., (2000) a formação da celulose ocorre na superfície do meio líquido, e a produção depende primariamente da área de superfície do meio, e não do volume e nem da altura do mesmo.



FONTE: Bielecki et al. (2007).

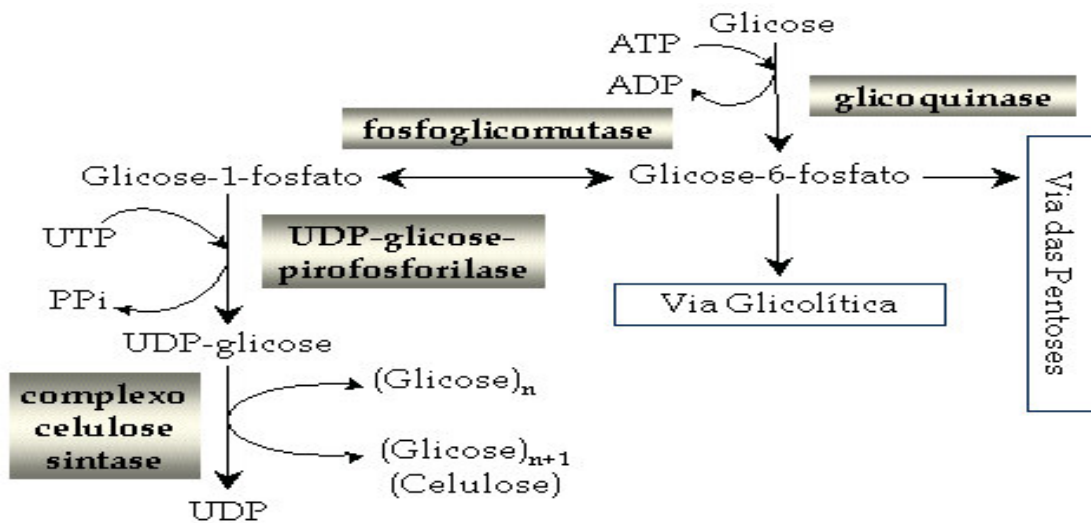
(A)

(B)

FIGURA 2.6 - PRODUÇÃO DE CELULOSE POR *Acetobacter xylinum* EM CULTURA ESTÁTICA (A) E EM AGITAÇÃO (B)

Diversas pesquisas têm sido feitas para elucidar a rota biossintética, as condições de crescimento, e a fisiologia bacteriana que leva à produção de polissacarídeos. Geralmente, a produção de exopolissacarídeos em um microrganismo é induzida pela limitação de um nutriente essencial, que não seja o carbono ou outra fonte de energia. Frequentemente uma relação C:N (carbono:nitrogênio) alta tem sido considerada como a condição ambiental significativa para a produção do polissacarídeo (Souza e Garcia-Cruz, 2004).

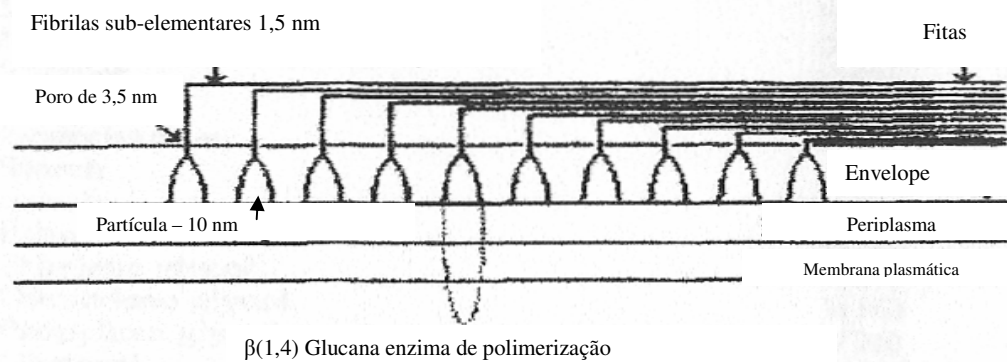
A biossíntese da celulose bacteriana (Figura 2.7) apresenta a conversão da glicose em celulose e, envolve reações em que a glicose primeiramente fosforilada em glicose-6-fosfato (G6P) pela enzima glicocquinase com a participação de uma molécula de adenosina trifosfato (ATP) e liberado uma molécula de adenosina difosfato (ADP); a reação da G6P é convertida a glicose-1-fosfato (G1P) pela enzima fosfoglicomutase; G1P, por meio de uma reação de isomerização catalisada pela enzima UDP-glicose-pirofosforilase e convertida em uridina difosfato glicose (UDP-glicose), utilizando uma molécula de uridina trifosfato (UTP) e liberando uma molécula de pirofosfato (PPi). A molécula UDP-glicose é a precursora da biossíntese da celulose. A polimerização de glicose em cadeias β (1 \rightarrow 4) glicana é realizada pela celulose sintase. O Ciclo diguanilmonofosfato (c-di-GMP) foi identificado como o ativador da celulose sintase. Associação de várias cadeias nascentes forma as fibras de celulose (Ross et al., 1990; Jonas e Farah, 1998).



FONTE: Ross et al. (1991).

FIGURA 2.7 – BIODISSÍNTESE DA CELULOSE EM *Acetobacter xylinum*

Depois da polimerização das unidades repetidas o polissacarídeo é excretado através do complexo parede/membrana para a superfície celular no ambiente extracelular. Este estágio final da secreção do exopolissacarídeo na membrana citoplasmática envolve a passagem pelo periplasma, pela membrana e finalmente sua excreção para o ambiente extracelular (Figura 2.8) (Sutherland, 2001).



Fonte: Jonas e Farah (1998).

FIGURA 2.8 - ESQUEMA DE FORMAÇÃO DA CELULOSE BACTERIANA

2.6 SUBSTRATOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS MICROBIANOS

Na literatura estão descritos vários meios de produção de biopolímeros microbianos. Basicamente apresentam fontes de fósforo e nitrogênio para o crescimento do microrganismo, carbono como reserva energética e oligoelementos como Na^{+1} , K^{+1} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , com papéis importantes como cofatores enzimáticos nas vias de produção do polissacarídeo (Martins et al., 1990; Wong, 1993).

Os microrganismos utilizam como fonte de carbono e de energia diversos açúcares como glicose, sacarose, frutose, ou ainda polissacarídeos, amido e celulose. Para a produção de biopolímeros, alternativas têm sido sugeridas e testadas como melão, resíduos da indústria de soja, soros de leite, casca de café e bagaço de mandioca (Sutherland, 2002; Sutherland, 2001; Woiciechowski, 2001; Kalogiannis et al., 2003, Jin et al., 2003; Chi e Zhao, 2003; Boza et al., 2004; Bae e Shoda, 2004).

Como fonte de nitrogênio têm sido utilizados os sais $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, ou ainda aminoácidos e uréia, que permitem reduzir os problemas com o controle de pH. Para fósforo, utilizam-se os fosfatos solúveis com cálcio, potássio, sódio, ferro, cobre, magnésio, manganês, cobalto, em concentrações reduzidas (Maugeri, 2001).

Para suprir as necessidades de linhagens mais exigentes e com características nutricionais pouco conhecidas, pode-se adicionar aos meios industriais ou mesmo os obtidos dos resíduos agroindustriais, determinados componentes como: extrato de leveduras, extrato

de carne, extrato de malte, peptona. Esses componentes permitem introduzir no meio de cultura os fatores ausentes em um meio definido (Maugeri, 2001), considerados fatores de crescimento para microrganismos, com fonte de proteínas (Pelczar et al., 1996).

A utilização de substratos alternativos de baixo custo em processos fermentativos, os resíduos agroindustriais, permite a redução de custos, minimizando problemas ambientais e auxiliando na destinação destes resíduos (Berwanger, 2005).

O melaço, um subproduto do processo de produção do açúcar, tanto do açúcar de beterraba como o de cana, definido como xarope do estágio final de cristalização do açúcar, apresenta-se como fonte econômica de carbono para desenvolvimento microbiano em processos fermentativos (Bae e Shoda, 2004).

Bae e Shoda (2005) pesquisaram a produção de celulose bacteriana por *Acetobacter xylinum* BPR 2001, usando melaço como fonte de carbono, em processos de batelada e batelada alimentada. Para melhorar a produção de celulose bacteriana, utilizaram o melaço pré-tratado com calor e ácido sulfúrico, obtendo um aumento na concentração de polímero produzido de 76% quando comparado com a produção obtida com melaço que não passou por pré-tratamento.

Outra fonte de proteínas comercializada como resíduo de baixo valor econômico, está o subproduto do processamento de soja, e, dependendo do processo de obtenção, possui significativos valores de carboidratos (Berwanger, 2005).

O soro de leite, resultante da fabricação de queijos vem sendo estudado como ótima fonte para a produção de goma xantana. Possui alto valor de lactose, proteínas e sais minerais, constituindo um meio de cultura rico e de fácil obtenção (Nitschke et al., 2001).

No processo de beneficiamento do café por via seca, a casca representa o principal resíduo, representando 50% em massa de café seco, e no processo por via úmida gera-se um resíduo aquoso com alto teor de matéria orgânica fermentescível. O descarte desse resíduo resulta no desperdício de uma biomassa que poderia ser útil devido a seu grande volume, alta biodegradabilidade e alto conteúdo de matéria orgânica (Woiciechowski, 2001).

Danesi (1996) ressalta que a água de coco, entre outros subprodutos, é o mais interessante para a valorização, pois engloba dois aspectos marcantes do ponto vista econômico. Primeiro trata-se de um efluente industrial com elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), o que lhe atribui um valor econômico negativo devido à necessidade de investimentos para o tratamento; e segundo, por apresentar características que permitem o seu uso como substrato em processos fermentativos para a indústria de alimentos.

A produção da nata de celulose por meio da água de coco como substrato, é um processo rudimentar nas Filipinas. Para produção doméstica, a água de coco é filtrada, aquecida à ebulição, resfriada até a temperatura ambiente, e a cada 12 copos desta matéria-prima adiciona-se 2 copos de licor-mãe (líquido fermentado em processo anterior), ¼ de copo de ácido acético glacial e 1 copo de açúcar comum, misturando-se todos estes ingredientes até a formação de uma suspensão homogênea. Os recipientes, contendo o meio de cultura assim preparado, são deixados em repouso à temperatura ambiente ou o mais próximo possível de 28°C a fim de que ocorra a fermentação. A camada polissacarídica formada em torno de 14 dias, de aproximadamente 25 mm de espessura, é retirada e constitui a nata bruta, pronta para ser beneficiada e o meio de cultura residual constitui-se no licor-mãe, apto para ser usado como inoculante de próximas produções (Danesi e Wosiacki, 1998).

Para a utilização de outros meios de cultura para a produção de celulose, como resíduos agroindustriais ou mesmo sucos de frutas, são necessárias investigações mais detalhadas sobre o processo de produção, verificando a influência de nutrientes, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo (Danesi e Wosiacki, 1998).

2.6.1 Água de Coco

A produção brasileira de coco (*Cocos nucifera L.*) está estimada em 85% comercializada na forma seca e, 15% destinam-se ao consumo *in natura* - água de coco verde (Senhoras, 2003).

O coco apresenta-se como a segunda cultura frutífera em importância econômica na região nordeste. A área colhida de coco (gigante, anão e híbrido), foi superior a 266 mil hectares em 2001, quando a produção atingiu 1,3 bilhões de frutos, sendo 71% proveniente da região Nordeste, 15% da Norte e 14% da Sudeste. Os estados do Pará e Espírito Santo são os maiores produtores em suas respectivas regiões (Filho, 2005).

A água de coco é um isotônico natural existente na cavidade da semente do coco, rica em nutrientes e de grande importância na germinação da semente e na sobrevivência da plântula. Corresponde a aproximadamente 25% do peso do fruto, e sua composição básica apresenta 93% de água, 5% de açúcares, além de proteínas, vitaminas e sais minerais, constituindo uma bebida leve, refrescante e pouco calórica (Aragão, 2004).

A composição química média, no período de colheita do fruto para água de coco, em torno de 6 meses, apresenta: pH 4,8, valor calórico de 18,1 Kcal, acidez de 1,3 mL de solução normal.100 mL⁻¹, sólidos solúveis totais (°Brix) de 7,0, glicose 4,4 g.100 mL⁻¹, proteína 0,37 mg, fósforo 6,2 mg.100 mL⁻¹, potássio 175 mg.100 mL⁻¹; cálcio 17,5 mg.100 mL⁻¹; magnésio 8,5 mg.100 mL⁻¹, sódio 10,5 mg.100 mL⁻¹, ferro 0,06 mg.100 mL⁻¹, vitamina C 57 mg.100g⁻¹ (Assis et al., 2002).

O processamento do coco apresenta-se como uma atividade geradora de resíduos, após retirar o albúmen sólido de interesse para a obtenção de coco ralado e da água-de-coco, restam as partes fibrosas representadas pelo exocarpo, mesocarpo e endocarpo, que constituem cerca de 45 % dos componentes do fruto. Tais resíduos sendo de difícil descarte, acabam enviados para lixões e aterros sanitários, elevando os custos da indústria com transporte até esses locais (Rosa, 2002).

Tem sido proposta sua utilização na alimentação do gado, como fonte de açúcar e sais minerais (Dangar, 1991). A Figura 2.9 apresenta um resumo do enfoque tecnológico do coco como matéria-prima, seus três principais resíduos e sua utilização enquanto subprodutos, que além de gerar bens econômicos, diminuem a carga poluente no meio ambiente, produzindo duplo benefício.

Matéria-prima	Coco			
Produto intermediário	Fibras	Casca	Água	Polpa
	↓	↓	↓	↓
Característica econômica	Resíduo	Resíduo	Resíduo	Copra
	↓	↓	↓	↓
Possibilidade tecnológica	Energia	Carvão	Alimento	Óleo

Fonte: Leufstedt (1990)

FIGURA 2.9 – COCO E SEUS PRODUTOS INTERMEDIÁRIOS, CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS E POSSIBILIDADES TECNOLÓGICAS

O aproveitamento de partes do coco constitui uma prática comum, como por exemplo: do mesocarpo (casca) obtêm-se fibras empregadas na confecção de vassouras, colchões, cordas, tapetes, capachos, acolchoados para indústria automobilística; do endocarpo (noz do

coco) faz-se vários produtos artesanais, além da utilização como combustível; do albúmem seco, ou copra, extrai-se o óleo de coco utilizado como combustível e matéria-prima na fabricação de sabões, cosméticos, resinas sintéticas, agente plastificador de vidros de segurança, glicerina (Senhoras, 2003).

A água de coco de frutos maduros é considerada um resíduo da indústria que produzem a copra, polpa de coco desidratada e outros produtos do coco. De acordo com e Aragão (2001), a água de coco extraída de cocos jovens constitui uma bebida nutritiva, enquanto a água de coco de frutos maduros é considerada descartável. Isto ocorre devido ao fato de que em estágios progressivos de maturação (a partir do sexto mês), observa-se acentuada redução no volume de água, no conteúdo de açúcares, sólidos totais, cinzas e minerais, levando à acidez desta água de coco.

A água de coco pode ser utilizada como fator de crescimento de microrganismos, ou seja, meio de cultivo, devido sua eficiência, baixo custo e disponibilidade da matéria-prima (Brito, 2004).

Buscar alternativas como a obtenção de agentes biotecnológicos que possam metabolizar a água de coco para obtenção de novos produtos, permite às indústrias, tanto a minimização de resíduos gerados no seu beneficiamento quanto uma inserção em um novo mercado competitivo.

2.7 BIOFILMES COMESTÍVEIS EM FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

O Brasil apresenta uma das maiores taxas de perdas pós-colheita de frutas e hortaliças do mundo, em torno de 35-40% comparado com a Europa, por exemplo, cujas perdas são, em média, inferiores a 25% e aos EUA onde, em algumas regiões, a perda é de aproximadamente 16%. As perdas de hortifrutícolas no Brasil representam valores superiores a 10 milhões de toneladas/ano de produtos colhidos e não consumidos (Soares, 2009; Artés, 2008).

Frutas e hortaliças de ambiente tropical, após serem colhidas apresentam aceleração da maturação e deterioração em consequência das mudanças bioquímicas e fisiológicas, bem como, formas de acondicionamento e práticas de manuseio adotadas (Assis et al., 2009). Os procedimentos de conservação pós-colheita usualmente empregados estão centrados na cadeia de frio e em boas práticas de armazenamento.

No entanto, a diversificação de hábitos e as diferentes tendências no âmbito do consumo de produtos alimentícios são mundiais, e coloca uma nova necessidade a de produtos prontos para o consumo, valorizando alimentos cada vez mais naturais e seguros. É neste cenário que surgem os alimentos minimamente processados, que une a praticidade e a conveniência, proporcionando uma economia de tempo no preparo dos alimentos (Moraes et al., 2008).

A utilização de produtos minimamente processadas iniciou-se no Brasil na década de 1990, por algumas empresas atraídas pela nova tendência do mercado (Jacomino et al., 2004; Assis et al., 2008). O valor agregado ao produto aumenta a competitividade do setor produtivo e propicia meios alternativos para comercialização (Leme et al., 2007), além das vantagens para o consumidor como a conveniência e 100 % de aproveitamento do produto adquirido, comparado com as frutas e hortaliças compradas *in natura*.

Estima-se um crescimento anual próximo a 20 %, o que representa um movimento próximo a R\$ 450 milhões, só no mercado nacional. Essa taxa de crescimento é inferior apenas à observada nos EUA e China, com dados superiores a 20 %, e de 19 % na América do Norte (Santana et al., 2008).

No Brasil os consumidores de pré-processados ou minimamente processados, participam com 2,9 % do total de hortifrutis consumidos nos lares. O consumo *per capita* anual em outros países apresenta-se em torno de 30 Kg nos EUA, 6 Kg na França, e de 1,5 Kg a 2 Kg na Espanha. O aumento na demanda por frutos processados é mundial, seguindo uma tendência do consumidor em adquirir frutas e hortaliças higienizadas, cortadas e prontas para o consumo (Santana et al., 2008).

Porém, os produtos minimamente processados têm em geral vida-de-prateleira curta quando comparados com os produtos intactos, devido principalmente ao estresse mecânico na superfície dos tecidos (Sarantopóulos, 1997; Jacomino et al., 2004).

As alternativas tecnológicas disponíveis para melhor preservação baseiam-se no uso de embalagens poliméricas (Brackmann et al., 1999; Yamashita et al., 2006) e na manutenção constantes de ambientes refrigerados (Cantillano et al., 2008), e ainda nestas condições, há significativas perdas de qualidade. Em alguns casos há o uso de atmosferas modificadas, com a presença de gases, que atuam na redução dos processos metabólicos e na respiração (Calegaro et al., 2002; Malgarim et al., 2006; Moraes et al., 2008; Françoso et al., 2008; Bender et al., 2010).

Um novo segmento tecnológico vem sendo desenvolvido, as coberturas comestíveis, e quando aplicadas diretamente sobre os frutos possibilitam aumentar o tempo de conservação, buscando a preservação da textura e do valor nutricional, permitindo uma maior flexibilidade de manuseio, transporte e comércio (Maftoonazad et al., 2007; Vargas et al., 2008; Assis et al., 2008).

Vários estudos apresentam o potencial uso das coberturas comestíveis. Fontes et al. (2008) aplicaram películas comestíveis em maçã minimamente processadas. Henrique e Cereda (1999) utilizaram biofilmes de fécula de mandioca em morangos. Jacometti et al. (2003) usaram revestimento a base de gelatina em pêssegos. Vieira et al. (2000) testaram carboximetilcelulose, quitosana e fécula de batata em morangos minimamente processados. Mali e Grossmann (2003) observaram o efeito de filmes de inhamé em morangos. Vargas et al. (2006) avaliaram o efeito do ácido oléico com quitosana em morangos. Assis e Alves (2002) mostraram o uso quitosana em maçãs cortadas. Mazaro et al. (2008) avaliaram o efeito da aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar-S-metil no comportamento pós-colheita de morangos. Baldwin et al. (1999) avaliaram os efeitos de dois tipos de cobertura, celulose e carnaúba, em mangas *in natura*.

Dentre as frutas minimamente processadas, o morango tem lugar de destaque por ter alto valor agregado, devido à sua ampla utilização na produção de sorvetes, caldas, tortas, pavês, bolos e outros produtos (Moraes et al., 2005). O morango é um pseudofruto atrativo devido às suas características peculiares de coloração vermelho brilhante, odor, textura macia e sabor levemente acidificado. Em virtude da alta perecibilidade, o que resulta em perdas qualitativas e econômicas consideráveis, a tecnologia do processamento mínimo surge como um fator determinante para prolongar a sua vida útil (Cantillano, 2003), ao submeter a fruta a processos de seleção de matéria-prima, lavagem, sanificação, embalagem e refrigeração (Silva et al., 2006).

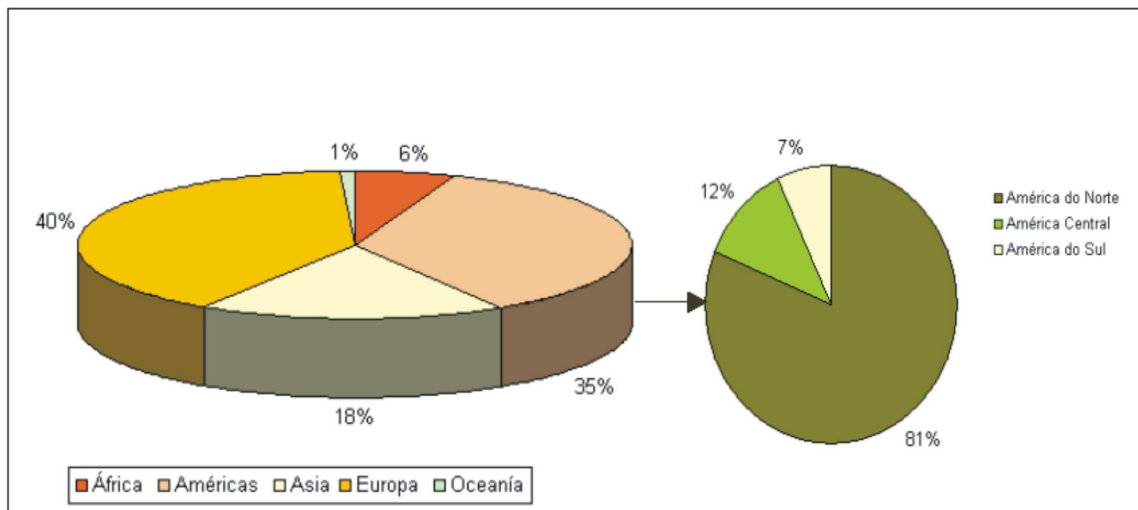
2.8 MORANGO

O morango pertencente à família das rosáceas e ao gênero *Fragaria* e, considerado um pseudofruto suculento, originário do receptáculo floral que se torna carnoso. Os frutos verdadeiros são pequenos aquênios, vulgarmente denominados ‘sementes’. O morangueiro oriundo de planta herbácea, rasteira e perene, se propaga por via vegetativa, por meio de estolhos (IAC, 2007).

No Brasil, o padrão varietal concentra-se num número reduzido de cultivares, sendo Oso Grande na região Sudeste e Camarosa e Aromas na região Sul (Oliveira e Scivittaro, 2006; Antunes e Reisser Júnior, 2007) as principais cultivadas.

Morango da cultivar Festival foi obtida na Universidade da Flórida, em 1995, sendo resultante do cruzamento entre ‘Rosa Linda’ e ‘Oso Grande’. Nos últimos anos, novas cultivares tem sido introduzido no Brasil, tendo destaque o ‘morango Festival’. As primeiras mudas chegaram ao País em 2007, importadas da Argentina. As plantas são vigorosas e produtivas e, os frutos apresentam formato cônico, tamanho médio, coloração vermelha uniforme, textura firme e excelente sabor. O morango cv. Festival é suscetível à antracnose (*Colletotrichum* sp.), porém apresenta relativa tolerância ao mofo-cinzento (*Botrytis cinerea*) e ao oídio (*Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*) (Chandler et al., 2000).

O morango é produzido e apreciado nas mais variadas regiões do mundo, sendo a espécie de maior expressão econômica entre as pequenas frutas. A produção mundial vem crescendo nos últimos anos (Figura 2.10). Entre 1997 a 2006, a produção cresceu 29%, estimada em 3.908.975 toneladas e a área plantada em 18%. Os Estados Unidos da América são líderes na produção mundial, com uma produção anual próximo a 1.115.000 milhões de toneladas (Specht e Blume, 2009).



Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (2008) apud Specht e Blume, (2009).

FIGURA 2.10 - DISTRIBUIÇÃO POR CONTINENTE DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE MORANGO EM 2006

A produção anual de morangos no Brasil tem aumentado a uma taxa de 10 % a 15 % ao ano, sendo a produção da safra de 2006/2007 de 100 mil toneladas, obtidas em uma área estimada de 3,6 mil hectares, com destaque para os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul (Tabela 2). Em condições normais de clima e de comercialização, o faturamento bruto anual com a produção de morango pode chegar até a R\$ 50 mil por hectares (Madail, 2008; Specht e Blume, 2009).

TABELA 2.2 - PRODUÇÃO DE MORANGO NO BRASIL E PRINCIPAIS PRODUTORES EM 2006/2007

Estados	Produção (toneladas)	Participação (%)
Minas Gerais	33.000	33
São Paulo	31.000	31
Rio Grande do Sul	16.000	16
Paraná	9.000	9
Espírito Santo	7.000	7
Santa Catarina	1.370	1.37
Goiás	950	0.95
Rio de Janeiro	800	0.80
Outros	880	0.88
Brasil	100.000.100	100

Fonte: Madail (2008) apud Specht e Blume (2009).

Após a colheita, os morangos apresentam alta atividade fisiológica, ocorrendo desidratação e deterioração progressiva em virtude da ação de bactérias e fungos, com modificações indesejáveis de aroma e textura. Um metabolismo muito rápido leva o fruto a um rápido período de senescência, o que pode em parte ser controlado pela utilização de condições de armazenamento de baixa temperatura e alta umidade (Garcia et al., 1998).

O morango tem comportamento não-climatérico para respiração, por isso deve ser colhido após a maturidade em relação ao aroma, sabor e cor. O desenvolvimento do sabor adocicado das frutas climatéricas após a colheita mostra ser resultante da quebra do amido em moléculas menores de carboidratos. A reserva de amido das frutas não-climatéricas é pequena ou inexistente e por isso, não há melhoria no sabor após a colheita (Cordenunci et al., 2003). Apesar disso, morangos colhidos brancos, ou seja, em estágio inicial de maturação, podem se tornar vermelhos ao longo do armazenamento, mas não são apropriados para o consumo em

função do baixo teor de açúcar e levada acidez, parâmetros que não apresentam alterações significativas ao longo do armazenamento (Kalt et al., 1993; Nunes et al., 2005).

A composição do morango varia em função da cultivar, da forma de cultivo como composição do solo, incidência de luz e temperatura (Cordenunci et al., 2003).

Alguns estudos mostraram que as principais características para a maturação do morango são textura (doçura e ácidos orgânicos) e coloração (Cordenunci et al., 2003; Pelayo et al., 2003; Mitcham et al., 2004). Recomenda-se que o morango deve ter no mínimo 7% de sólidos solúveis e no máximo 0,8% de acidez titulável. O índice de maturidade está baseado na coloração do pseudofruto, ou seja, $\frac{3}{4}$ da superfície vermelha permanecem com boas condições para o consumo ou processamento por alguns dias, dependendo da variedade, da temperatura e da umidade atmosférica (Chitarra e Chitarra, 2005).

Os morangos apresentam alta taxa respiratória, aproximadamente $15 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a 0°C , que aumenta entre 4 a 5 vezes quando a temperatura aumenta 10°C . A perda da firmeza, durante a maturação, é o principal fator que determina a qualidade do morango e sua vida de prateleira (Cantillano et al., 2003).

O resfriamento por ar forçado é o método mais adequado para se resfriar morangos, porque além de ser eficiente, evita o acúmulo de umidade sobre a fruta, que os morangos não toleram. Com um resfriamento rápido eficiente, a temperatura desta fruta pode ser reduzida de mais ou menos 25°C para 5°C , em duas ou três horas (Cantillano, 2005).

CAPÍTULO III

CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS NA PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA

3.1 INTRODUÇÃO

A celulose bacteriana é um exopolissacarídeo produzido por cepas de *Acetobacter*, com propriedades físicas e químicas peculiares, como fitas de celulose ultrafinas, alto grau de polimerização e cristalinidade, ausência de lignina e hemicelulose, alta força de tensão e elasticidade, elevada capacidade de retenção de água, alta porosidade, pureza química e biodegradabilidade (Okiyama et al., 1992; Saxena et al., 1994; Jonas e Farah, 1998; Vandamme et al., 1998; Chávez-Pacheco et al., 2004). Todavia, atributos como rendimento, estrutura da celulose bacteriana estão diretamente relacionados com o método e meio de cultivo (Park et al., 2009; Son et al., 2001; Krystynowicz et al., 2002), sendo as propriedades funcionais dos biopolímeros ferramentas importantes no desenvolvimento de novas texturas para diversas aplicações na indústria em geral.

Estudos indicam que um bom rendimento na produção de celulose bacteriana, por *Acetobacter*, requer meios de cultivo enriquecidos com carboidratos, proteínas, vitaminas e sais inorgânicos (Jonas e Farah, 1998; Tsuchida e Yoshinaga, 1997; Budhiono et al., 1999; Baruque-Ramos et al., 2001; Son et al., 2003; Son et al., 2001; Chávez-Pacheco et al., 2005; Jagannath et al., 2009). Embora o requerimento de minerais seja em concentrações reduzidas nos meios de cultivo, apresentam efeito significativo no crescimento e na produção de celulose bacteriana (Jagannath et al., 2009).

Os elementos sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe) desempenham funções na produção de polissacarídeos bacterianos, como co-fatores enzimáticos nas vias de síntese de polissacarídeos (Martins et al., 1990; Wong, 1993). Como fonte de fósforo (P), utiliza-se os fosfatos solúveis, e com Ca, K, Na, Fe, cobre (Cu), Mg, manganês (Mn), cobalto (Co), entre outros, em concentrações reduzidas (Lima et al., 2001). Íons férricos (Fe^{3+}) são co-fatores da oxigenase e da cadeia respiratória de proteínas, os

citocromos, mediando à produção de compostos fosfóricos de alta energia como ATP (adenosina trifosfato) e UTP (uridina trifosfato), participando da biossíntese de polissacarídeos bacterianos (Nohata e Kurane, 1997).

Enxofre (S) faz parte dos aminoácidos cisteína e metionina, de vitaminas e grupos prostéticos de várias proteínas importantes nas reações de óxido-redução. Os sulfatos (SO_4^{-2}) e os aminoácidos são as formas assimiladas pelas bactérias (Trabulsi, 1999).

A importância dos íons magnésio foi observada na produção de celulose bacteriana produzido por *Acetobacter* sp. A9, na manutenção do metabolismo celular, essencial no crescimento e produção de celulose (Son et al., 2001), pois atua diretamente na atividade da enzima celulase sintase, ativado por oligonucleotídeo guanil (Fontana et al., 1997; Ross et al., 1986), e importante no processo de ligação entre as subunidades das microfibrilas (Saxena e Brown Jr, 2001).

Efeitos de vários nutrientes foram verificados com cepas de *Acetobacter* sp. V6 na produção de celulose bacteriana. Os sais inorgânicos $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e H_3BO_3 , quando adicionados na concentração de 0,08%, 0,0005% e 0,0003%, respectivamente, apresentaram produção de $4,16 \text{ g.L}^{-1}$ celulose (Son et. al., 2003).

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência dos minerais K, Na, Fe, Mg, P, S-SO_4^{-2} , boro (B), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrato (N-NO_3^-), amônio (N-NH_4^+) na produção da celulose bacteriana, pelo *Acetobacter xylinum*, em relação ao meio (água de coco de fruta madura e verde) e a forma de cultivo (estático e agitação).

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Material

O microrganismo *Acetobacter xylinum* (ATCC 23769) oriundo da Fundação André Tosello, Campinas-SP, água de coco de fruta madura e verde e os sais $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NaH_2PO_4 , FeSO_4 , H_3BO_3 (Vetec) foram utilizados neste trabalho.

3.2.2 Métodos

3.2.2.1 Preparo do inóculo

O pré-inóculo foi produzido a partir de células liofilizadas, reidratadas com 0,2 mL de água destilada estéril e transferidas para tubo de ensaio contendo 5 mL de Caldo Manitol estéril (5,0 g.L⁻¹ de extrato de levedura; 3,0 g.L⁻¹ de Bacto-Peptona; 25,0 g.L⁻¹ de D-Manitol) e incubados a temperatura de 30°C durante 48h. A partir dessa cultura foi realizado estriamento em placas de Petri com Agar Manitol, e incubados a 30°C por 48h.

Após crescimento foi inoculada uma colônia em 50 mL de Caldo ALABAN (1962) (100 g.L⁻¹ de sacarose; 5 g.L⁻¹ de fosfato ácido de potássio; 2,5 g.L⁻¹ de extrato de levedura; 0,2 g.L⁻¹ de sulfato de magnésio heptahidratado; 0,6 g.L⁻¹ de sulfato de amônio), e incubado a 30°C por 24h. Decorrido o tempo, 1 mL do pré-inóculo foi inoculado em 100 mL de Caldo ALABAN (1962) e incubado a temperatura de 30°C por 24 horas. Em seguida, a mesma concentração foi inoculada em 200 mL do mesmo caldo, e mantida a 30°C por 24 horas, obtendo-se o inóculo inicial para o processo fermentativo.

3.2.2.2 Produção de celulose bacteriana

A produção de celulose bacteriana foi desenvolvida em meio de cultivo com água de coco de fruta madura e verde, portanto, utilizando dois processos de fermentação. O processo fermentativo foi realizado segundo delineamento experimental, fatorial fracionado 2⁷⁻² com 32 tratamentos, em duplicata. As variáveis independentes foram forma de cultivo (sem e com agitação a 100 rpm em estufa (Marconi – modelo MA- 832) e, sem e com adição de sais como (NH₄)₂SO₄ (600 mg.L⁻¹), KH₂PO₄ (5000 mg.L⁻¹), MgSO₄ 7H₂O (200 mg.L⁻¹), NaH₂PO₄ (300 mg.L⁻¹), FeSO₄ (5 mg.L⁻¹) e H₃BO₃ (3 mg.L⁻¹). A adição dos respectivos minerais e concentrações estão relacionadas com o encontrado na literatura nos meios sintéticos ALABAN (1962) e HESTRIN e SCHRAMM (1954).

A variável dependente observada foi a produção de celulose bacteriana (CB) (g.L⁻¹) (Tabela 3.1).

TABELA 3.1 – PLANEJAMENTO FATORIAL FRACIONADO 2⁷⁻²

Tratamento	Variável Independente						Variável Dependente	
	(NH ₄) ₂ SO ₄	KH ₂ PO ₄	MgSO ₄ 7H ₂ O	NaH ₂ PO ₄	FeSO ₄	H ₃ BO ₃	Forma de Cultivo	Produção CB (g.L ⁻¹)
1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	
2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
3	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	
4	1	1	-1	-1	-1	1	1	
5	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	
8	1	1	1	-1	-1	-1	1	
9	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	
10	1	-1	-1	1	-1	1	1	
11	-1	1	-1	1	-1	1	1	
12	1	1	-1	1	-1	-1	-1	
13	-1	-1	1	1	-1	1	-1	
14	1	-1	1	1	-1	-1	1	
15	-1	1	1	1	-1	-1	1	
16	1	1	1	1	-1	1	-1	
17	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	
18	1	-1	-1	-1	1	-1	1	
19	-1	1	-1	-1	1	-1	1	
20	1	1	-1	-1	1	1	-1	
21	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	
22	1	-1	1	-1	1	1	1	
23	-1	1	1	-1	1	1	1	
24	1	1	1	-1	1	-1	-1	
25	-1	-1	-1	1	1	-1	1	
26	1	-1	-1	1	1	1	-1	
27	-1	1	-1	1	1	1	-1	
28	1	1	-1	1	1	-1	1	
29	-1	-1	1	1	1	1	1	
30	1	-1	1	1	1	-1	-1	
31	-1	1	1	1	1	-1	-1	
32	1	1	1	1	1	1	1	
33*	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	

NOTA – CB- Celulose bacteriana; Sinais codificados- saís: -1(ausência) e 1 (presença); Forma de cultivo: estático (-1) e agitação (1). * Tratamento controle para os saís.

A água de coco de fruta madura e verde foi colocada em tanques sob agitação manual constante, para homogeneização, com retirada de alíquotas de 300 mL e transferidos para frascos de 500 mL, que continham os minerais segundo planejamento experimental (Tabela 3.1). O pH do meio foi ajustado para 5,0 ($\pm 0,01$) com ácido acético 1 mol.L⁻¹ e hidróxido de sódio 1 mol.L⁻¹, seguido de esterilização em autoclave a 121°C durante 20 minutos. Na seqüência, foi feito a inoculação, no meio de cultivo, de 5% (v/v) do microrganismo, que

corresponde a $0,093 \text{ g.L}^{-1}$ (p/v), conservado em caldo de manutenção (Caldo ALABAN). A temperatura de incubação foi de $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, com tempo de fermentação de 168h.

3.2.2.3 Determinação de minerais

Foram determinados, em duplicata, as concentrações dos minerais K, Na, Fe, Mg, P, S-SO₄⁻², B, NTK, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺ nos tratamentos que apresentaram produção de celulose bacteriana igual ou superior a 4 g.L^{-1} . As coletas das alíquotas ocorreram no início (0h) e final (168h) do processo de fermentação.

As amostras foram aquecidas a 70°C para destruição do microrganismo. A celulose bacteriana produzida, após 168h, foi coletada e prensada para retirada do caldo de fermentação e conduzido a lavagem, secagem e pesagem. O caldo retirado foi devolvido ao caldo de fermentação e separado em duas sub-amostras: (A) não filtrada e (B) filtrada em membrana de éster celulose de 0,45mm. As sub-amostras (A) foram submetidas à análise de nitrogênio total Kjeldahl, utilizando a digestão com ácido sulfúrico pelo método semi micro-Kjeldahl. A fração de partículas sólidas, retida na membrana de éster de celulose, após filtração das sub-amostras (B), foi submetida à digestão seca, em mufla a 550°C , durante 6 horas. Depois, as cinzas foram dissolvidas em ácido clorídrico $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ e, em seguida, refrigeradas até as análises. Os filtrados de sub-amostras (B) foi dividido em duas partes, metade foi preservada com ácido nítrico concentrado (três gotas para cada 20 mL de extrato) e mantido sob refrigeração até a análise dos minerais K, Na, Fe e Mg, e a outra mantida congelada até a realização das análises de P, S-SO₄⁻², B, N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺. Portanto, as sub-amostras (filtrado e digerido via seca) foram utilizadas para determinar os minerais K, Na, Fe, Mg, P, S-SO₄⁻², B, NTK, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺. Todas as análises foram realizadas segundo Malavolta et al., (1997).

Sódio e potássio foram determinados por fotometria de emissão de chama (FES) em Fotômetro de Chama (B-262, Micronal), Foi utilizado 0,2 mL da amostra e acrescentado 10 mL de HCl 10%, seguido de agitação. Desta solução, foi retirada uma alíquota de 0,2 mL e acrescentado 10 mL de HCl 10%, e novamente submetida ao turbilhamento. Após a leitura os resultados foram expressos em mg.L^{-1} de sódio e potássio.

Para a determinação de ferro as amostras foram conduzidas, sem diluição, para leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (AAS 240 FS - Varian). Os resultados foram expressos em mg.L^{-1} de ferro.

O magnésio foi determinado em espectrofotômetro de absorção atômica (AAS 240 FS - Varian). As amostras foram diluídas em solução de $5,1 \text{ g.L}^{-1}$ de lantânio, ou seja, 0,2 mL da amostra e 10 mL da solução de lantânio, seguido de homogeneização e leitura. O resultado foi expresso em mg.L^{-1} de magnésio.

A determinação de fósforo foi desenvolvida em fotocolorímetro (Bel SP 1150- Tecnal) em 420 nm. Para a leitura das amostras, 0,5 mL do extrato foi diluído em 10 mL de água deionizada. Em seguida, 1 mL desta solução foi adicionada 4 mL de água deionizada e 2 mL do reativo colorido de metavanadato de amônio 0,025%, mantido em repouso por 5 minutos e conduzidos a leitura. O resultado foi expresso em mg.L^{-1} de fósforo.

A determinação de sulfato (S-SO_4^{2-}) foi feito com sulfato de bário por turbidimetria, em fotocolorímetro (Bel SP 1150- Tecnal). Para a leitura foi usado 10 mL da amostra, 1 mL de HCl 6,0N (contendo 20 ppm de enxofre) e 500 mg de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, agitados por 30 segundos e conduzidos a leitura em 420 nm. O resultado foi expresso em mg.L^{-1} de sulfato.

O Boro foi determinado baseada na formação de um complexo colorido pela reação do ácido bórico com o reagente azometina H. As amostras foram diluídas, ou seja, em 5 mL da amostra foi adicionado 20 mL de água deionizada. Dessa solução, foram retirados 2,0 mL e acrescentados 2,0 mL da solução tampão e 2,0 mL da solução de azometina H, seguido de agitação e leitura em fotocolorímetro (Bel SP 1150- Tecnal), 420 nm. Os resultados foram expressos em mg.L^{-1} de boro.

O nitrogênio total Kjeldahl (NTK) foi determinado pelo método de Kjeldahl (IAL, 2008), nas amostras não filtradas, e nas membranas de éster celulose utilizado no processo de filtração, e os resultados expressos em mg.L^{-1} .

Para determinar a concentração de N-NO_3^- foi utilizado 25 mL da amostra e acrescentado 0,2 mg de óxido de magnésio e destilado, por arraste de vapor, em destilador (Destilador de Nitrogênio MA 036 Plus), utilizando 5 mL de ácido bórico a 5% como indicador. Em seguida a solução foi titulada com ácido sulfúrico a $0,0025 \text{ mol.L}^{-1}$. Para determinar a concentração de N-NH_4^+ foi adicionada 0,2 mg de liga de Devarda ao tubo de Kjeldhal, utilizado na destilação de N-NO_3^- , seguido de destilação e titulação. Os cálculos foram realizados segundo equação 1 e os resultados, para o N-NH_4^+ e N-NO_3^- , foram expressos em mg.L^{-1} .

$$N - NO_3 \text{ e } N - NH_4 = \frac{(V_{H_2SO_4} - V_{H_2SO_4 \text{ branco}})}{V_{\text{amostra}}} \times F_{\text{ácido}} \times 1000 \quad (1)$$

Onde,

$N - NO_3^-$ = mg.L⁻¹ de nitrato;

$N - NH_4^+$ = mg.L⁻¹ de amônio;

$V_{H_2SO_4}$ = volume de ácido sulfúrico gasto na titulação;

$V_{H_2SO_4 \text{ branco}}$ = volume de ácido sulfúrico gasto na titulação do branco;

$F_{\text{ácido}}$ = fator de correção do ácido;

V = volume da amostra.

3.2.2.4 Análise dos dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em nível de 95% de confiança, em função dos tempos de fermentação e dos tratamentos.

A análise exploratória dos valores de concentração percentual de minerais foi por meio da análise de componentes principais (PCA). A PCA foi construída a partir de uma matriz de dados de 52 x 10, ou seja, 52 tratamentos considerando o tempo inicial (0h) e final (168h) do processo fermentativo e, 10 variáveis referentes aos minerais. As amostras foram divididas em quatro classes: fermentado em água de coco de fruta madura 0 hora (FACM-0h) e 168 horas (FACM-168h); fermentado em água de coco de fruta verde a 0 h (FACV-0h) e 168 h (FACV-168h). Este modelo foi desenvolvido no programa Pirouette 4.0 (Infometrix).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Rendimento da produção de celulose bacteriana

Os tratamentos com variações no rendimento de celulose bacteriana de 4,0 a 4,1 g.L⁻¹, 4,2 a 4,9 g.L⁻¹ e 5,0 a 6,0 g.L⁻¹ foram considerados, para este trabalho, baixos, moderados e altos, respectivamente (Tabela 3.2). A classificação foi realizada segundo levantamento de

produção e produtividade relatado na literatura (Garcia et al., 1974; Masaoka et al., 1992; Okiyama et al., 1992; Danesi, 1996; Danesi e Wosiacki, 1998; Budhiono et al., 1999; Krystynowicz et al., 2002; Son, 2003; Bae e Shoda, 2004; Kurosumi et al., 2009; Kyazanova et al., 2009; Park et al., 2009).

Os tratamentos 8 e 11; 15, 22 e 27; 18, 19, 20 e 23 do fermentado de água de coco de fruta madura (FACM) e, 3, 9, 11 e 18; 7, 10, 12, 13, 20, 23, 24 e 26; 16 e 27 do fermentado em água de coco de fruta verde (FACV), tiveram produção de celulose bacteriana baixa (B-CB), moderada (M-CB) e alta (A-CB), respectivamente, em ambos os fermentados (Tabela 3.2).

TABELA 3.2 – RENDIMENTO DA PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA EM ÁGUA DE COCO DE FRUTA MADURA (FACM) E VERDE (FACV)

T	Variáveis Independentes						Forma de Cultivo	Variável Dependente	
	(NH ₄) ₂ SO ₄	KH ₂ PO ₄	MgSO ₄ 7H ₂ O	NaH ₂ PO ₄	FeSO ₄	H ₃ BO ₃		Produção de CB (g.L ⁻¹)	
								FACM	FACV
1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	2,8	1,9
2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2,4	3,4
3	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	2,5	4,1
4	1	1	-1	-1	-1	1	1	3,8	2,9
5	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	3,0	1,9
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	2,5	3,7
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	2,7	4,6
8	1	1	1	-1	-1	-1	1	4,0	3,4
9	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	3,2	4,1
10	1	-1	-1	1	-1	1	1	3,6	4,8
11	-1	1	-1	1	-1	1	1	4,0	4,0
12	1	1	-1	1	-1	-1	-1	3,6	4,9
13	-1	-1	1	1	-1	1	-1	3,2	4,4
14	1	-1	1	1	-1	-1	1	3,6	3,9
15	-1	1	1	1	-1	-1	1	4,5	4,3
16	1	1	1	1	-1	1	-1	3,7	5,4
17	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	2,8	3,9
18	1	-1	-1	-1	1	-1	1	5,3	4,1
19	-1	1	-1	-1	1	-1	1	6,0	3,8
20	1	1	-1	-1	1	1	-1	5,9	4,7
21	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	3,4	3,7
22	1	-1	1	-1	1	1	1	4,8	3,2
23	-1	1	1	-1	1	1	1	6,0	4,6
24	1	1	1	-1	1	-1	-1	3,9	4,5
25	-1	-1	-1	1	1	-1	1	2,7	2,8
26	1	-1	-1	1	1	1	-1	2,9	4,5
27	-1	1	-1	1	1	1	-1	4,7	5,2
28	1	1	-1	1	1	-1	1	3,1	3,4
29	-1	-1	1	1	1	1	1	2,5	3,4
30	1	-1	1	1	1	-1	-1	2,9	2,7
31	-1	1	1	1	1	-1	-1	2,7	3,1
32	1	1	1	1	1	1	1	3,4	3,5
33*	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1,37	1,8

NOTA - T = Tratamentos; CB = celulose bacteriana; * Tratamento controle para os sais; Sinais codificados: -1(ausência) e 1 (presença); Forma de cultivo: estático (-1) e agitação (1).

Foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) na produção de celulose bacteriana entre os tratamentos do FACM. Tiveram efeito significativo as variáveis forma de cultivo (com e sem agitação), KH_2PO_4 , FeSO_4 , NaH_2PO_4 , e as interações entre NaH_2PO_4 e FeSO_4 , e NaH_2PO_4 com a forma de cultivo. O teste F corrobora com os valores de p e, apresentam significância estatística para fins preditivos, apenas para a interação NaH_2PO_4 e FeSO_4 (Apêndice A - Tabelas 3.3A e 3.4A).

As diferenças significativas ($p \leq 0,05$), na produção de celulose bacteriana, também foram verificadas entre os tratamentos do FACV. Efeito significativos foram observados nas variáveis forma de cultivo (com e sem agitação), KH_2PO_4 e as interações entre NaH_2PO_4 e FeSO_4 . O teste F corrobora com os valores de p , porém não apresentam significância estatística para fins preditivos (Apêndice A - Tabelas 3.3A e 3.5A).

3.3.2 Influência dos minerais na produção de celulose bacteriana

As concentrações dos minerais em fermentados de água de coco de fruta madura e verde, do início e final do processo fermentativo estão apresentadas nas Tabelas 3.6 e 3.7.

TABELA 3.6 - CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS EM FERMENTADO COM ÁGUA DE COCO DE FRUTA MADURA

Tratamento	Concentração de Minerais em Fermentado com Água de Coco de Fruta Madura (mg. L ⁻¹)																			
	0 hora							168h												
	K	Na	Mg	Fe	B	P	S-SO ₄ ²⁻	NTK	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	K	Na	Mg	Fe	B	P	S-SO ₄ ²⁻	NTK	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
8	2517,6	172,3	114,9	0,09	0,87	1142,7	99,5	56,6	30,0	5,4	1052,9	85,9	112,2	0,067	0,78	336,5	87,7	38,3	6,6	1,7
CV(%)	2,8	5,3	3,1	0,7	0,0	2,7	0,9	8,4	7,8	4,3	0	6,0	0,3	9,6	7,4	0,0	3,9	3,0	4,3	8
11	2472,2	1100,4	96,8	0,10	2,53	1415,6	2,0	20,8	3,8	1,2	1212,9	374,2	94,4	0,073	2,39	431,7	1,8	19,9	0,2	0,3
CV(%)	1,1	2,8	2,3	4,6	0,3	1,9	1,4	2,4	7,5	3,8	0,1	9,6	5,1	1,8	7,7	2,0	0,0	8,3	0,0	0
15	2327,5	1024,6	119,9	0,17	0,78	1415,6	26,6	20,0	4,1	0,9	1081	315,6	91,4	0,148	0,77	453,8	12,7	9,0	1,5	0,6
CV(%)	4,9	4,7	1,5	3,7	2,4	1,9	3,9	4,9	3,5	0	0,05	6,8	1,0	1,6	1,9	3,1	0,3	5,5	6,1	7,4
18	1216,4	140,9	106,1	1,12	0,81	103,4	75,1	58,4	36,6	1,0	376,7	82,6	96,3	0,547	0,39	34,6	64,1	30,4	9,4	0,3
CV(%)	7,4	23,5	2,3	0,4	9,3	9,2	4,9	1,7	1,3	4,6	0,07	0,1	0,6	0,7	6,7	8,4	9,3	3,2	3,5	0
19	2239,6	177,1	99,7	1,24	0,82	1016,8	2,7	20,2	3,8	0,8	1090,7	79,5	85,1	0,307	0,59	354,8	2,6	20,0	0,3	0,2
CV(%)	6,8	7,3	2,3	0,9	3,4	0,0	6,7	1,6	2,4	5,7	0,12	6,3	8,6	1,3	6,2	4,7	0,4	0,8	0,0	0
20	2421	162,1	116,3	1,32	2,68	985,9	100,8	57,4	32,5	2,6	1245,7	69,5	115,4	0,425	1,65	384,2	73,3	35,8	6,6	2,2
CV(%)	6,1	2,1	5,8	0,2	9,6	4,4	2,4	5,2	1,4	7,1	0,04	3,0	3,6	0,1	2,5	2,9	5,8	1,4	2,1	4,3
22	1312,8	135,1	115,9	1,11	2,63	96,8	102,4	55,6	17,9	1,3	624,1	81,8	115,2	0,933	1,59	14,7	77,8	32,1	8,8	0,3
CV(%)	2,4	5,5	5,2	6,6	4,8	0,1	4,5	5,6	5,7	7,1	0,03	7,4	1,8	4,2	2,9	0,5	1,1	2,6	1,1	0
23	2442,8	172,6	116,3	1,30	2,32	1016,8	27,2	20,6	2,7	2,8	1410,5	91,9	115,3	0,206	1,16	474,0	15,6	18,9	0,3	0,1
CV(%)	0,2	8,6	3,9	8,3	5,2	0,0	2,7	6,4	3,4	3,4	0,07	9,6	2,7	2,1	4,0	1,0	16,2	0,9	0,0	0
27	2478,4	1068,4	100,3	1,21	1,63	1454,5	2,8	20,4	3,4	1,0	1333,2	423,6	67,3	0,326	1,54	36,6	1,0	19,6	1,5	0,5
CV(%)	6,2	3,9	6,5	0,1	8,1	1,9	8,9	8,1	8,3	4,9	0,02	5,1	4,8	2,0	9,2	6,2	1,4	8,4	3,2	0
33	1398,1	180,2	94,9	0,09	0,87	96,7	2,1	20,2	3,5	0,8	507,7	80,0	86,3	0,063	0,38	14,4	1,0	19,8	0,3	0,2
CV(%)	0,6	4,9	1,4	5,4	8,0	0,0	4,9	3,2	1,2	5,7	0,006	5,4	4,5	1,0	5,0	0,6	0,5	8,3	0,0	0

NOTA – CV(%) – Coeficiente de variação

TABELA 3.7 - CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS EM FERMENTADO COM ÁGUA DE COCO DE FRUTA VERDE

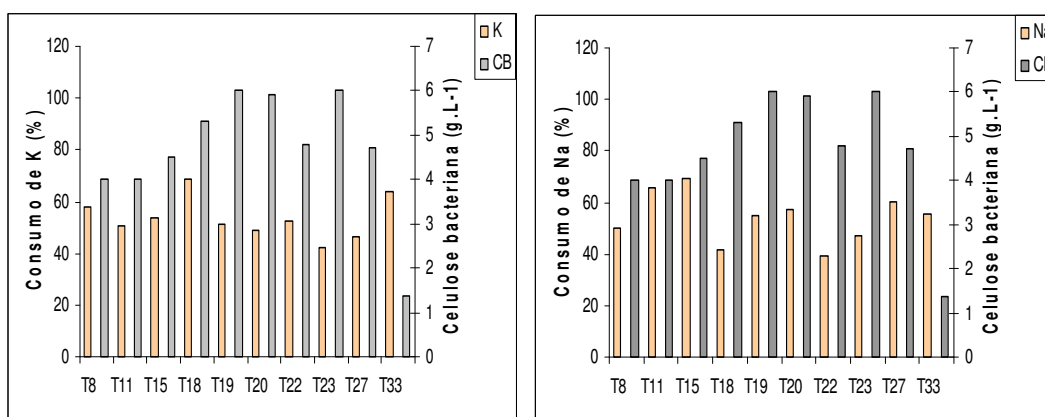
Tratamentos	Concentração de Minerais em Fermentado com Água de Coco de Fruta Verde (mg. L ⁻¹)																			
	0 hora																			
	K	Na	Mg	Fe	B	P	S-SO ₄ ⁻²	NTK	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	K	Na	Mg	Fe	B	P	S-SO ₄ ⁻²	NTK	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
3	2414,7	152,7	46,2	0,20	0,81	1213,7	1,2	11,7	4,1	4,7	1352,2	11,1	33,3	0,13	0,68	702,3	1,0	8,7	0,9	0,5
CV(%)	0	1,5	2,6	9,0	0,6	7,6	2,3	1,8	4,5	1	0,04	4,7	3,5	8,6	3,8	0,3	3,6	3,7	0	0
7	2257,6	141,1	67,7	0,24	2,34	1153,5	26,0	10,7	3,3	2,5	1120,8	13,7	33,5	0,15	2,01	595,6	12,2	9,6	0,3	0,5
CV(%)	0	8,5	9,9	0,5	2,0	0,9	4,8	1,5	4,3	7,4	0,1	4,2	7,7	1,2	4,1	2,7	0,1	3,4	0	0
9	1076,0	1108,9	46,4	0,18	0,79	723,7	1,2	11,6	4,2	1,2	722,7	347,6	16,4	0,18	0,74	547,5	1,2	7,9	1,9	0,2
CV(%)	0	4,1	5,0	0,8	4,6	3,7	0	1,4	2,2	7,9	0,1	3,4	3,1	6,8	7,9	1,1	0	0,2	2,6	0
10	1076,7	1090,9	42,4	0,21	2,23	743,3	74,8	49,4	12,0	1,3	594,0	317,3	18,4	0,16	0,98	556,4	26,6	21,4	1,7	0,8
CV(%)	0	8,5	6,5	3,2	6,3	9,7	7,5	5,7	2,7	7,4	0,09	8,4	0,4	1,3	2,4	2,2	4,2	1,5	5,4	6,1
11	2431,7	1094,7	46,2	0,23	2,38	1821,5	1,2	11,0	13,3	5,1	1002,0	369,0	14,9	0,13	1,63	1077,6	1,0	9,4	2,3	0,8
CV(%)	0	1,7	5,5	3,0	7,7	1,7	9,3	5,2	4,9	1,8	0,04	10	0,3	5,2	6,4	4,6	2,3	6,8	2,2	6,1
12	2368,0	1025,6	45,5	0,19	0,78	1819,6	75,4	48,4	9,8	1,6	1370,7	457,3	18,7	0,18	0,58	1509,3	75,0	41,4	3,5	1,6
CV(%)	0	9	3,6	1,1	1,2	6,0	0,6	3,2	0,9	8,7	0,02	7,6	2,1	5,9	6,9	4,3	0,2	8,1	5,5	9
13	1106,5	1056,7	64,6	0,18	2,35	717,6	26,3	11,3	4,2	0,5	766,0	340,6	25,4	0,10	1,48	577,4	12,9	10,8	1,6	0,5
CV(%)	0	10	0,1	4,8	3,1	1,5	3,0	8,3	5,6	0	0,02	5,3	1,9	2,9	7,5	0,5	0,8	4	3,1	9,4
15	2405,3	1081,6	68,1	0,15	0,75	1833,4	25,6	11,2	4,4	0,5	950,2	412,9	24,0	0,10	0,73	1285,7	22,6	10,9	1,5	0,3
CV(%)	0	8,6	5,1	4,5	2,0	3,1	5,7	4,1	4,2	0	0,04	5,9	2,3	1,8	5,6	5	4,7	9,2	3,2	8,3
16	2463,6	1069,0	65,1	0,18	2,30	1810,3	100,7	49,4	9,2	1,7	1040,3	431,8	22,5	0,18	1,21	889,7	73,6	26,4	1,5	1,7
CV(%)	0	7,5	6,3	0,2	8,4	1,7	7,9	0,9	4	5,7	0,04	5,2	6,8	0,5	2,5	7,5	4,1	0,5	0	5,7
18	1165,9	164,8	45,5	1,86	0,71	98,9	73,2	48,8	12,3	1,0	640,7	13,6	17,5	1,35	0,68	95,0	57,7	25,3	2,5	0,8
CV(%)	0	8,8	3,2	5,6	7,2	2,5	5,9	2,6	4,2	4,9	0,02	6,9	6,5	3,0	5	1	5,1	3,7	2	5,7
20	2395,2	166,1	46,9	1,89	2,44	1133,4	73,4	49,0	8,5	3,1	873,7	12,0	16,1	1,39	1,89	990,2	55,9	26,4	2,1	2,0
CV(%)	0	5,4	1,6	7,6	2,5	8,8	5,7	3,8	2,8	7,6	0,12	1,3	3,4	1,0	0,5	0,3	8	1,9	4,4	2,3
23	2294,6	154,7	69,1	1,90	2,53	1177,7	26,4	11,3	3,0	1,2	745,2	8,5	23,4	1,47	2,44	769,6	22,8	10,7	0,5	0,3
CV(%)	0	7,5	7,3	1,6	0,5	3,0	3,1	1,6	3	7,9	0,01	4,7	3,0	0,5	1,6	2,3	7,4	1,8	0	0
24	2229,5	173,9	68,1	1,83	0,75	1176,5	101,0	49,5	7,2	3,0	875,4	11,3	29,4	1,79	0,74	1088,9	85,2	27,4	1,4	1,0
CV(%)	0	2,3	4,4	7,9	3,8	6,0	6,4	2,6	6,5	9,4	0,03	5,1	2,5	1,8	2,9	3,6	8,2	5,5	3,5	4,6
26	1029,9	1062,9	48,0	1,36	2,36	720,9	76,3	48,7	11,9	1,0	620,1	522,3	16,6	0,86	2,06	572,4	61,4	50,3	6,5	0,6
CV(%)	0	10	4,4	0,3	1,2	0,5	2,9	4,3	3,2	4,6	0,18	2,9	4,7	0,7	6,7	1,8	8,6	0,5	2,2	7,4
27	2236,6	1029,5	46,3	2,04	2,40	1814,7	1,9	10,8	4,1	0,6	863,2	479,8	18,3	1,70	1,26	1286,2	1,0	10,2	1,2	0,6
CV(%)	0	1,8	7,3	1,0	6,9	10,6	2,3	5,1	7,9	7,4	0,05	5	1,8	0,9	0	4,9	2,4	7,5	3,7	8,3
33	1107,9	175,7	47,0	0,20	0,77	92,7	1,2	11,3	3,5	0,1	522,4	14,4	18,9	0,14	0,39	92,2	1,0	10,9	1,0	0,1
CV(%)	0	1,8	1,4	3,5	7,0	0,3	1,8	4,1	4	0	0,02	4,5	1,3	0,3	3,5	0	6,3	1,1	4,2	0

Em relação às formas de cultivo, os tratamentos mantidos sob agitação tiveram maior consumo de minerais, em ambos os fermentados (Tabela 3.8).

TABELA 3.8 – CONSUMO DE MINERAIS DE ACORDO COM A FORMA DE CULTIVO

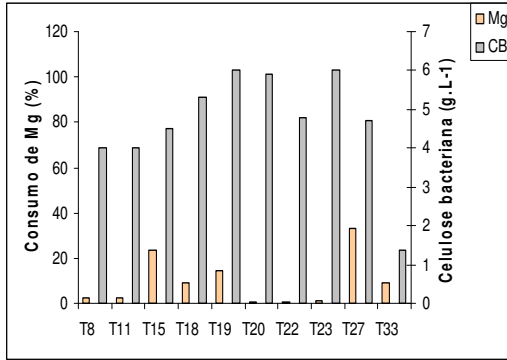
Meio de cultivo	Forma de cultivo	Consumo de minerais (%)									
		K	Na	Fe	Mg	P	S-SO ₄ ⁻²	B	NTK	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
FACM	Estático	63	65	75	32	97	64	56	37	90	76
	Agitação	69	69	84	23	84	52	52	55	94	95
FACV	Estático	63	92	43	65	50	53	48	46	91	88
	Agitação	67	94	38	67	40	64	55	56	85	85

No FACM, os maiores consumos foram verificados nos tratamentos 11(B-CB), 15(M-CB), 18 e 23(A-CB), nos minerais N-NO₃⁻; Na e NTK; K; Fe e N-NH₄⁺, respectivamente. Em FACV, sob agitação, os tratamentos 10 (M-CB), 11(B-CB) e 23(M-CB) tiveram maior consumo de minerais, sendo B, S-SO₄⁻² e NTK; Mg e NTK; K e Na, respectivamente. Em FACM, os tratamentos mantidos sob agitação e com maior produção de celulose bacteriana (6 g.L⁻¹), 19(A-CB) e 23(A-CB), mostraram maiores consumos de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺, respectivamente (Figura 3.1).

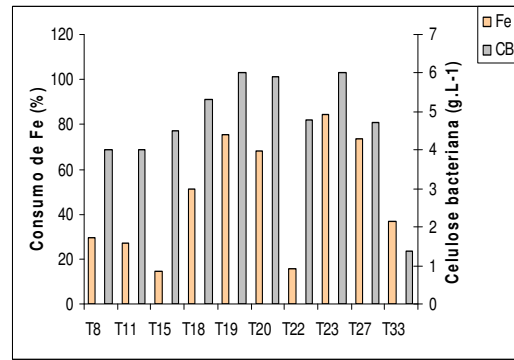


(A)

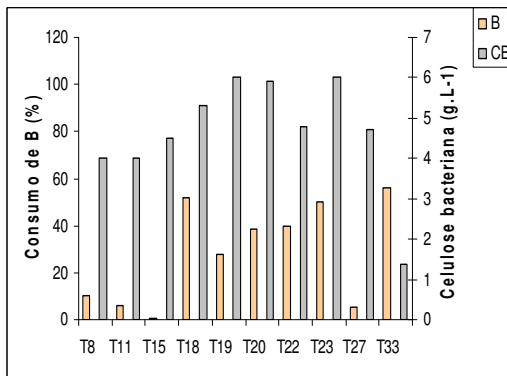
(B)



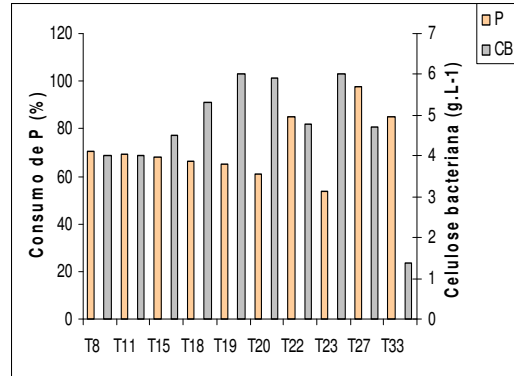
(C)



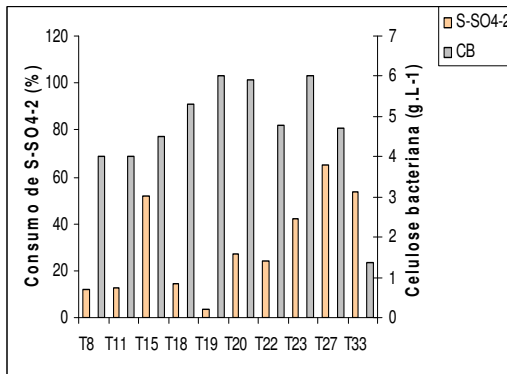
(D)



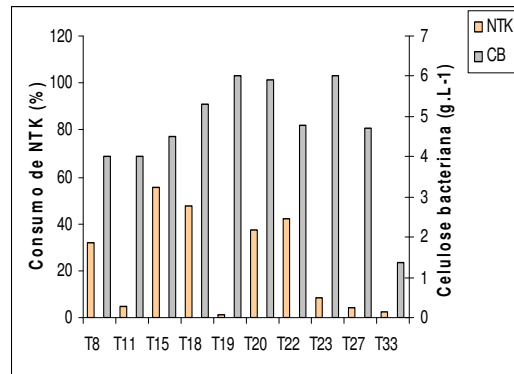
(E)



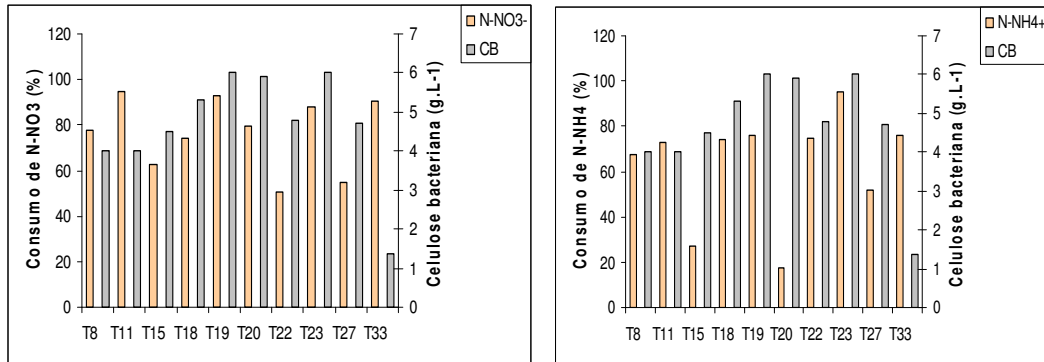
(F)



(G)



(H)

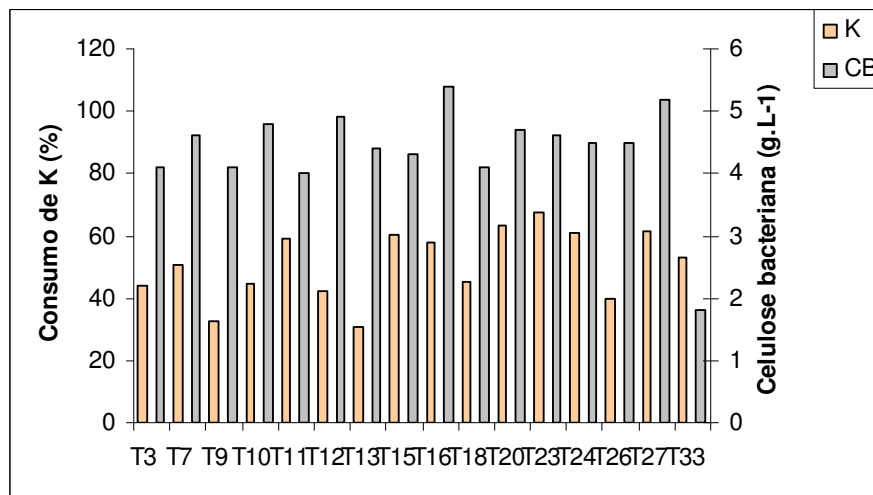


(I)

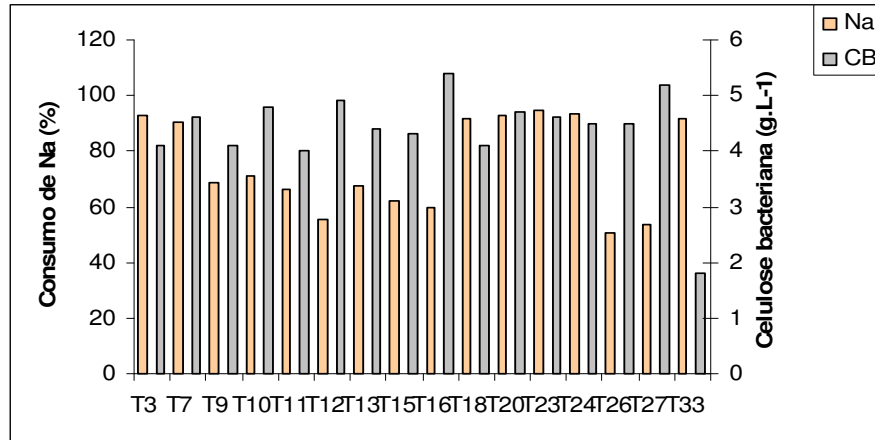
(J)

FIGURA 3.1 – VARIAÇÃO PERCENTUAL NA CONCENTRAÇÃO DOS MINERAIS DO PROCESSO FERMENTATIVO EM ÁGUA DE COCO DE FRUTA MADURA E A PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA: (A) K, (B) Na, (C) Mg, (D) Fe, (E) B, (F) P, (G) $S-SO_4^{2-}$, (H) NTK, (I) $N-NO_3^-$ E (J) $N-NH_4^+$

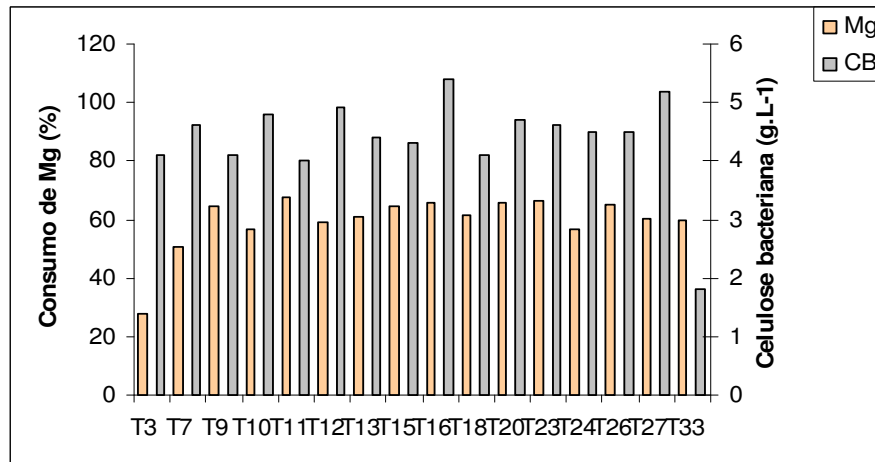
Porém, em FACV a maior produção de celulose foi verificada nos tratamentos 16 (A-CB)(5,4 $g \cdot L^{-1}$) e 27(A-CB) (5,2 $g \cdot L^{-1}$), em condições de cultivo estático, ambos tiveram maior consumo de $N-NO_3^-$ (Figura 3.2) (Tabela 3.8).



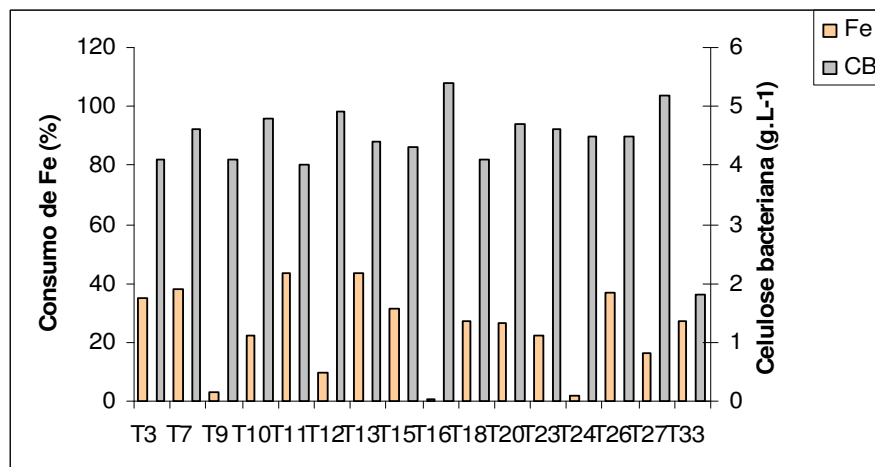
(A)



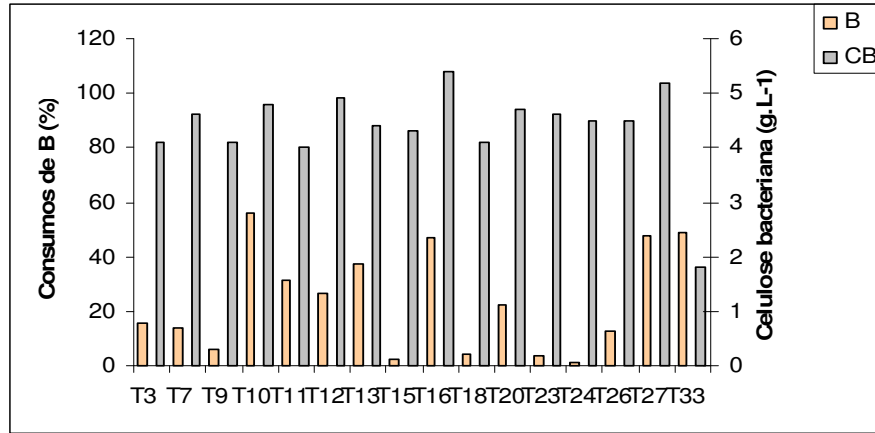
(B)



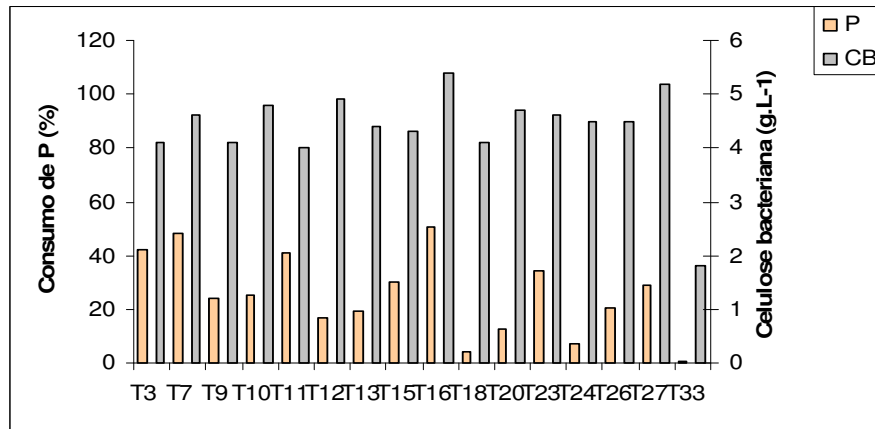
(C)



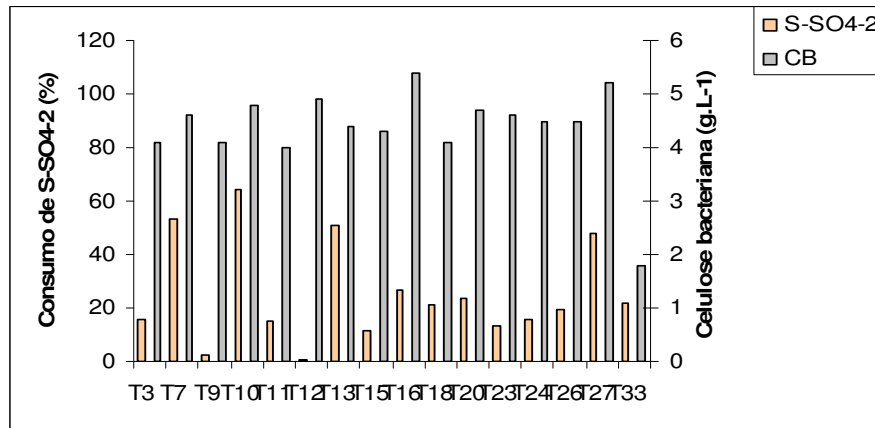
(D)



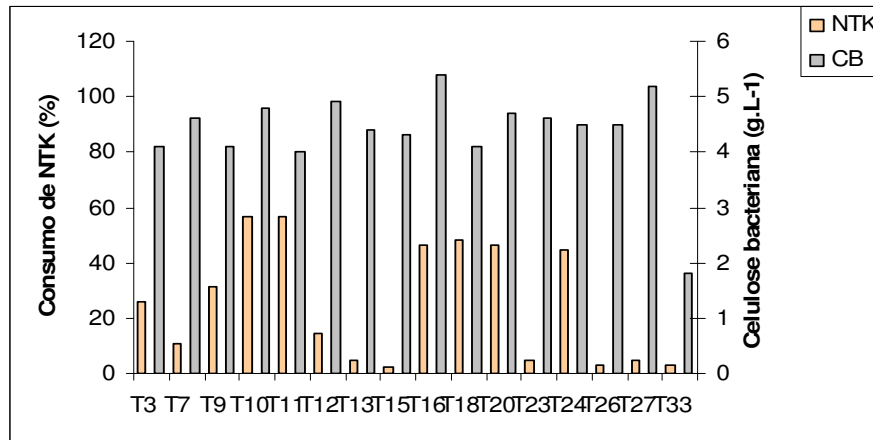
(E)



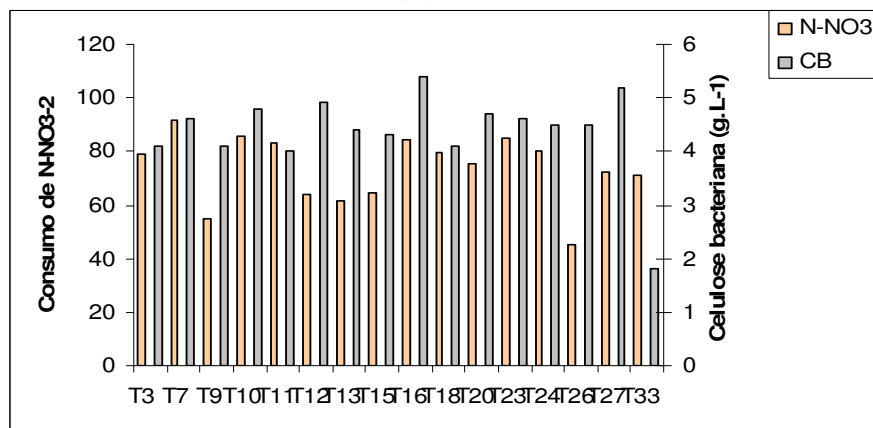
(F)



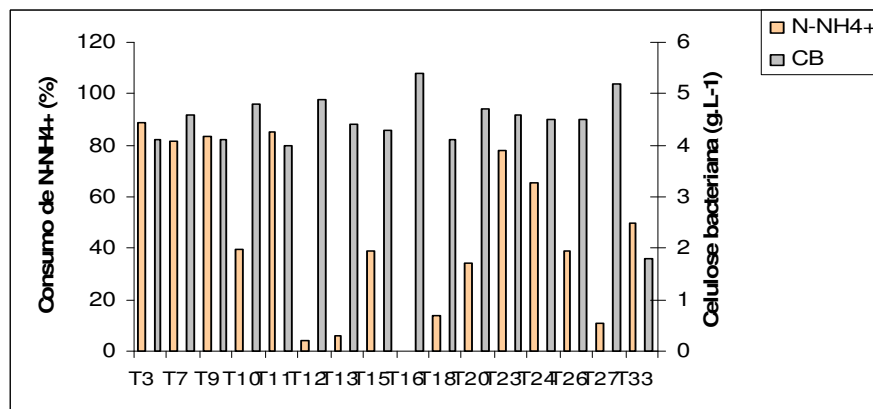
(G)



(H)



(I)



(J)

FIGURA 3.2 – VARIAÇÃO PERCENTUAL NA CONCENTRAÇÃO DOS MINERAIS DO PROCESSO FERMENTATIVO EM ÁGUA DE COCO DE FRUTA VERDE E A PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA: (A) K, (B) Na, (C) Mg, (D) Fe, (E) B, (F) P, (G) S-SO₄⁻², (H) NTK, (I) N-NO₃⁻ E (J) N-NH₄⁺

Em relação a produção de celulose bacteriana, nos FACM, entre os tratamentos com baixa, moderada e alta produção mostraram maiores consumos médios de N-NO_3^- (87,7%); Na (69,1%) e P (91,1%); N-NO_3^- (86,3%) e N-NH_4^+ (84,6%), respectivamente. Entre os minerais, K, Na, Fe, Mg, P, S-SO_4^{-2} , B, N, N-NO_3^- e N-NH_4^+ , o maior e menor consumo foi observado nos tratamentos 18 (A-CB) 69% e 23 (A-CB) 42,2%; 15(M-CB) 69,1% e 22 (M-CB) 39,4%; 23(A-CB) 84,1% e 15 (M-CB) 23,7%; 27 (M-CB) 32,9% e 22 (M-CB) 0,6%; 27 (M-CB) 97,4% e 23(A-CB) 53,3%; 27 (M-CB) 64,9% e 19 (A-CB) 3,5%; 33 (B-CB) 56,1% e 15 (M-CB) 0,6%; 15 (M-CB) 55,2% e 19 (A-CB) 1,0%; 11 (B-CB) 94,7% e 22 (M-CB) 50,5%; 23 (A-CB) 95,2% e 20 (A-CB) 17,5%, respectivamente (Figura 3.1) (Tabela 3.9).

TABELA 3.9 – CONSUMO MÉDIO DE MINERAIS DE ACORDO COM A PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA

Meio de cultivo	CB	Consumo de minerais	
		Alto consumo (%)	Baixo consumo (%)
FACM	B-BC	$\text{NO}_3^- - \text{N}$ (87,7)	Mg (2,4)
	M-BC	Na (69,1); P (91,1)	B (2,9); Mg (0,6)
	A-BC	$\text{NO}_3^- - \text{N}$ (86,3); $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (84,5)	Mg (3,6); NTK (1,1)
FACV	B-BC	Na (92,2); $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (84,1)	S-SO_4^{-2} (8,9); P (4,0); B (15,3)
	M-BC	Na (87,1); $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (80,6); Mg (65,1)	Fe (22,5); P (12,6); S-SO_4^{-2} (0,5); B (2,4); NTK (5,2)
	A-BC	$\text{NO}_3^- - \text{N}$ (78,1)	NTK (5,0); $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (0)

NOTA – FACM – Fermentado em água de coco de fruta madura; FACV – Fermentado em água de coco de fruta verde; Baixa produção de celulose bacteriana (B-BC); Moderada produção de celulose bacteriana (M-BC); Alta produção de celulose bacteriana (A-BC).

Em FACM os minerais K, B e S-SO_4^{-2} com porcentagem de variância explicada, maior que 90%, foram submetidos à análise de regressão, e demonstraram diferença significativa entre os tempos 0h e 168h e, nos tratamentos. Os valores encontrados, com probabilidade de 5% de incerteza, corroboram com o teste F (Apêndice A – Tabela 3.10A).

Em FACV, entre os tratamentos com B-BC, M-BC e A-BC, apresentaram maiores consumos médios de Na (92,2%) e N-NH_4^+ (84,1%); Na (87,1%), N-NO_3^- (80,6%) e Mg

(65,0%); N-NO₃⁻ (78,1%) e, os menores consumos de S-SO₄⁻² (8,9%), P (4%) e B (15,3%); Fe (22,5%), P (12,6%), S-SO₄⁻² (0,5%), B (2,4%) e NTK (5,2%); NTK (5,0%) e N-NH₄⁺ (0%), respectivamente. Entre os minerais K, Na, Fe, Mg, P, S-SO₄⁻², B, NTK, N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺, o maior e menor consumo foi observado nos tratamentos 23 (M-CB) 67,5% e 13 (M-CB) 30,7%; 23 (M-CB) 94,5% e 26 (M-CB) 50,8%; 13 (M-CB) 43,6% e 16 (A-CB) 0,8%; 11 (B-CB) 67,7% e 3 (B-CB) 27,8%; 7 (M-CB) 48,3% e 33 (B-CB) 0,5%; 10 (M-CB) 64,4% e 9 (B-CB) 2,6%; 10 (M-CB), 11(B-CB) 56,6% e 15 (B-CB) 2,4%; 7 (M-CB) 91,9% e 26 (M-CB) 45,2%; 3 (B-CB) 88,8% e 16 (A-CB) 0%, respectivamente (Figura 3.2) (Tabela 3.9).

Nos FACV os minerais Na, Mg, Fe, B, P, S-SO₄⁻², com percentagem de variância explicada, maior ou igual a 90%, submetidos à análise de regressão mostraram a existência de diferença significativa ($p \leq 0,05$) para ambos os fatores, tempos e tratamentos (Apêndice A – Tabela 3.11A).

A baixa concentração de P, nos tratamentos 16 (50,8%) e 27 (29,1%) com maior produção de celulose bacteriana (FACV), podem estar relacionadas à importante função deste elemento na rota biossintética da celulose bacteriana em cepas de *Acetobacter*, na forma combinada como nucleotídeos (ATP, ADP, UDP, UTP, UGP) e fosfato inorgânico. Algumas substâncias fosforiladas estão envolvidas com o armazenamento de energia (como o ATP) e atuam como reguladoras de processos metabólicos, pois muitas enzimas tornam-se ativas ao serem fosforiladas (Benziman e Mazover, 1973; Weinhouse e Benziman, 1974).

O baixo consumo de Fe foi verificado em FACV nos tratamentos com moderada produção de celulose. Porém, a ação dos íons férricos e ferrosos na produção de celulose bacteriana pode estimular a combinação de compostos fosforados com alta energia, o que contribui na biossíntese da celulose (Chávez-Pacheco et al., 2004). Essa importância foi relatada por Chávez-Pacheco et al. (2005) ao verificarem aumento na produção de celulose pela mudança na concentração de fosfato, para 100 mmol.L⁻¹.

O Mg e o NTK apresentaram baixo consumo no FACM, com baixa, moderada e alta produção de celulose bacteriana. Entretanto, esse aspecto não foi observado por Son et al. (2003b) quando examinaram o efeito de vários nutrientes na produção de celulose bacteriana por *Acetobacter* sp. V6, ao verificarem aumento na quantidade de celulose bacteriana quando elevaram a concentração de MgSO₄ 7H₂O até 0,08%, FeSO₄ 7H₂O até 0,0005%, H₃BO₃ até 0,0003%, (NH₄)₂SO₄ até 0,2%, NaH₂PO₄ 12H₂O e KH₂PO₄ até 0,3%.

Kyazanova et al. (2009) verificaram que células de *Acetobacter xylinum* diminuem a concentração de fosfatos no meio de 5 para 2,5 ou 0,3 mM durante incubação na presença de Mg^{2+} e glicose, ou Mg^{2+} e ácido casamino. Outras atividades do Mg^{+2} foram observadas por García et al. (1974) na formação de vários componentes lipofílicos (lipídios difosfato α -glucose, lipídio difosfato α -celobiose e lipídios monofosfato β -galactose) a partir do sistema enzimático, na presença de UDP-Glc (uridine difosfato glucose), com importante papel na formação lipídica quando adicionado de 3-6 mM, com influência na biossíntese de polissacarídeos bacterianos.

O B teve o maior consumo no tratamento 33 (controle), em ambos os fermentados. Esta característica foi observada nos tratamentos com moderada produção de celulose bacteriana, o que sugere certo grau de contribuição do boro na produção da mesma.

Os tratamentos com moderada e alta produção de celulose bacteriana, em FACM e FACV, respectivamente, demonstraram baixo consumo para o NTK. Budhiono et al. (1999) observaram características como o aumento linear da produção de celulose bacteriana em relação à espessura e, o peso úmido e seco quando adicionado fonte de nitrogênio no processo fermentativo. As fontes com nitrogênio e fosfato foram eficientes na produção de celulose bacteriana. Kurosumi et al. (2009), quando investigaram a utilização de vários sucos de frutas como fonte de carbono para produção de celulose bacteriana por *Acetobacter xylinum* NBRC 13693, observaram que a adição de extrato de levedura e peptona como fonte de nitrogênio era indispensável ao crescimento celular e a produção de celulose bacteriana.

O $N-NH_4^+$ foi significativo nos tratamentos com alta produção de celulose bacteriana em FACM. Porém, em FACV não apresentou grande contribuição. No estudo desenvolvido por Jagannath et al. (2009) o máximo da espessura em nata-de-coco foi verificada em pH 4, com 10% de sacarose e 0,5% de sulfato de amônio.

Em relação ao meio de cultivo, entre os minerais do FACM, o maior consumo foi do P com 97,4% e o menor do Mg com 32,9% (Figura 3.1). No FACV, o Na foi o mineral mais consumido durante o processo, com 94,5%, enquanto o Fe, com 43,6%, apresentou o menor consumo. Em FACM houve maior consumo dos minerais K (69,0%), Fe (84,1%), P (97,4%), $S-SO_4^{-2}$ (64,9%), B (56,1%), $N-NO_3^-$ (94,7%) e $N-NH_4^+$ (95,2%) e, em FACV o maior consumo foi observado em Na (94,5%), Mg (67,7%) e NTK (56,6%) (Figura 3.2) (Tabela 3.12).

TABELA 3.12 – CONSUMO DE MINERAIS DE ACORDO COM O MEIO DE CULTIVO.

Forma de cultivo	Consumo de minerais (%)									
	K	Na	Fe	Mg	P	S-SO ₄ ⁻²	B	NTK	N- NO ₃ ⁻	N- NH ₄ ⁺
FACM	69,0	69,1	84,1	32,9	97,4	64,9	56,1	55,2	94,7	95,2
FACV	67,5	94,5	43,6	67,7	48,3	64,4	55,9	56,6	91,9	88,8

No tratamento 33 (controle) os minerais analisados estão em maior concentração no FACM no início do processo (Figura 3.1), fato também observado em outros estudos sobre o teor desses minerais em água de coco de fruta madura e verde (Carvalho et al., 2006; Srebernich, 2000; Santoso et. al., 1996; Pue et al., 1992). Ao final do processo fermentativo houve maior consumo, em ordem decrescente, de B > K, P, S-SO₄⁻² e N-NH₄⁺ > N-NO₃⁻ > Mg > Fe e Na > NTK em FACM. Em FACV as maiores reduções foram observadas nos minerais B > Na > K e N-NH₄⁺ > Fe > Mg > N-NO₃⁻ > NTK > S-SO₄⁻² > P.

3.3.3 Análise multivariada

Considerando a análise dos componentes principais (PCA) foi possível descrever 99,46% dos dados com nove componentes, sendo 32,71% da variância total descrita pela primeira componente principal (PC1) e 12,71% pela terceira componente principal (PC3).

A análise conjunta dos gráficos dos escores e dos pesos (Figuras 3.3a e b) mostra que PC1 separa os tratamentos em duas classes em função dos tempos de fermentação 0h e 168h. Permite ainda observar, que os fermentados de 0h apresentaram maior concentração de S-SO₄⁻², NTK, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺ e K e, em 168h de Na, Fe, Mg, P, e B.

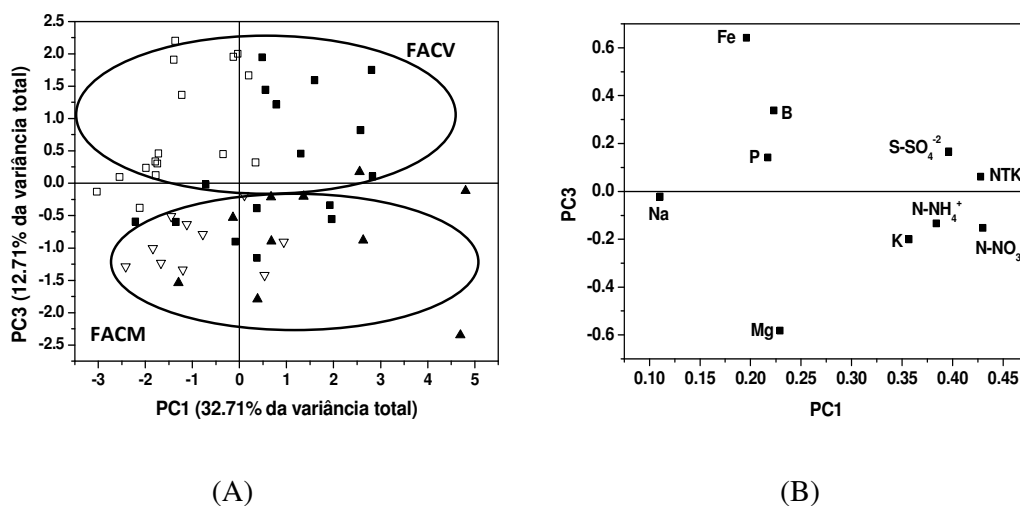


FIGURA 3.3 - GRÁFICO DOS ESCORES (A) E DE PESOS (B) DA ANÁLISE POR PCA DOS DADOS DA CONCENTRAÇÃO PERCENTUAL NO CONSUMO DOS MINERAIS NOS TRATAMENTOS DE FERMENTADOS: FACM-0H (▲) E FACM-168H (▽), FACV-0H (■) E FACV-168H (□).

A PC3 separa em duas regiões os minerais relacionados ao meio de cultivo. Os tratamentos com valores positivos como Fe, P, B, S-SO₄⁻² e NTK discriminam o FACV. Por sua vez os valores negativos de pesos correspondem as variáveis K, Na, Mg, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ discriminam significativamente os FACM.

No início do processo fermentativo os minerais em maior concentração foram K, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ em FACM e, S-SO₄⁻² e NTK em FACV. As 168 h observou-se no FACM menor consumo de Na e Mg e, maior dos minerais Fe, P, B, S-SO₄⁻² e NTK. Em FACV os minerais Fe, P, B demonstram menor consumo e, K, Na, Mg, N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ apresentaram redução acentuada. Esses resultados mostraram relação inversa ao consumo desses minerais entre os meios de cultivo.

O Fe e o Mg são os minerais com maiores valores de pesos na região positiva e negativa, respectivamente, da PC1. Na PC3, o N-NO₃⁻ apresenta maior valor de peso na região negativa do lado direito, e o Na no lado esquerdo (Figura 3.3b).

3.4 Conclusão

Em FACM, as variáveis forma de cultivo (com e sem agitação), KH_2PO_4 , FeSO_4 , NaH_2PO_4 , e as interações entre NaH_2PO_4 e FeSO_4 , e NaH_2PO_4 com a forma de cultivo (com e sem agitação), tiveram efeito significativo durante o processo fermentativo. Em FACV os efeitos foram observados nas variáveis forma de cultivo, KH_2PO_4 e as interações entre NaH_2PO_4 e FeSO_4 .

Entre as formas de cultivo, os tratamentos mantidos sob agitação tiveram maiores reduções de minerais, em ambos os processos. Considerando os meios de cultivo, o FACM apresentou maior consumo dos minerais K, Fe, P, S-SO_4^{-2} , B, N-NO_3^- e N-NH_4^+ e, em FACV os maiores consumos foram de Na, Mg e NTK.

Em relação à produção de celulose bacteriana, os dois processos fermentativos apresentaram maior consumo de Na e N-NO_3^- , nos tratamentos com moderada e alta produção de celulose, respectivamente, o que sugere maior contribuição desses minerais para produção de celulose bacteriana. Os tratamentos com baixa produção de celulose bacteriana mostraram maior consumo de N-NO_3^- em FACM e, Na e N-NH_4^+ em FACV. Menores reduções de NTK foram verificadas em tratamentos com moderada e alta produção de celulose, em ambos os fermentados. Nos tratamentos com baixa produção de celulose houve menor consumo de Mg e NTK em FACM e de S-SO_4^{-2} , P e B em FACV.

A PCA permitiu diferenciar os minerais com maior influência entre os meios de cultivo. Em FACM, K, Na, Mg, N-NH_4^+ e N-NO_3^- foram mais significativos e, Fe, P, B, S-SO_4^{-2} e NTK discriminaram o FACV. Ao final do processo fermentativo, os resultados mostraram relação inversa no consumo dos minerais entre os meios de cultivo, com maiores consumos de Fe, P e B (FACM) e, Na e Mg (FACV).

Portanto, a maior produção de celulose bacteriana, 6 g.L^{-1} , foi verificada nos fermentados contendo água de coco de fruta madura, KH_2PO_4 (5000 mg.L^{-1}), FeSO_4 (5 mg.L^{-1}), NaH_2PO_4 (300 mg.L^{-1}) e, mantidos sob agitação.

CAPÍTULO IV

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIOFILMES DE BLENDAS DE FÉCULA DE BATATA E CELULOSE BACTERIANA

4.1 INTRODUÇÃO

Considerável interesse tem sido demonstrado no desenvolvimento e caracterização de biofilmes devido ao seu potencial de aplicação nos setores alimentício, agrícola e pela questão da biodegradabilidade (Batista et al., 2005; Elizondo et al., 2009). Geralmente são elaborados a partir de proteínas, polissacarídeos, lipídeos e derivados (Henrique et al., 2008). Vários polissacarídeos são empregados como bons formadores de biofilmes, como quitosana, amidos, alginatos, carragenas, pectinas e derivados da celulose (García et al., 2004).

A celulose é o mais abundante biopolímero da natureza e de grande importância na economia global (Klemm et al., 2001; Czaja et al., 2006; Klemm et al., 2005). Pesquisas têm sido desenvolvidas visando à produção de celulose de origem bacteriana devido à sua ampla aplicação, e vem sendo caracterizada como uma nova *commodity* bioquímica, tendo importante valor comercial (Vandamme et al., 1998; Phisalaphong e Jatupaiboon, 2008).

A celulose bacteriana produzida por *Acetobacter xylinum* é composta por moléculas de glicose unidas por ligações glicosídicas β (1 \rightarrow 4), formando cadeias lineares não-ramificadas longas e rígidas. A união destas cadeias forma micro-fibrilas, orientadas em paralelo, formando ligações de hidrogênio intra-molecular (Raven et al., 2001). As micro-fibrilas apresentam diâmetro de 3 a 8 nm (Czaja et al., 2006; Klemm et al., 2005) com grau de polimerização de 2.000 a 14.000. Cristalizam-se compactadas e em fitas, as quais alcançam uma espessura de 1 a 9 μ m, formam extensa estrutura reticulada estabilizada por pontes de hidrogênio, e sua condensação dá lugar a uma estrutura tridimensional (Chávez-Pacheco et al., 2004).

A fibra de celulose bacteriana desprovida de lignina e hemicelulose têm alta pureza química, cristalinidade (60-90%), força de tensão, elasticidade, durabilidade, biodegradabilidade, elevada capacidade de retenção e absorção de água (99% do seu peso) (Czaja et al., 2006; Klemm et al., 2005) devido ao diâmetro menor das microfibrilas, é inerte metabolicamente, além de não ser tóxica e alergênica (Saxena et al., 1994; Jonas e Farah, 1998; Vandamme et al., 1998).

A eficiência funcional dos biofilmes depende da composição, do processo de formação, de sua aplicação e são influenciadas por fatores como espessura, densidade, gramatura, taxa de permeabilidade ao vapor de água e solubilidade (Sobral, 2000).

Uma alternativa para melhorar as propriedades físicas é a preparação de blendas poliméricas, mediante o uso combinado de polímeros (polissacarídeos, lipídeos e proteínas), com as vantagens de cada um dos componentes (García et al., 2004). Desta forma, misturas físicas de dois ou mais polímeros de alta massa molar em conjunto com um plastificante e um solvente tem se mostrado eficiente para obtenção destes novos materiais poliméricos. A mistura freqüentemente exibe propriedades superiores quando comparadas às propriedades de cada componente polimérico individualmente (Laurindo, 2007).

A combinação de biopolímeros para compor os biofilmes permite utilizar vantajosamente suas características funcionais, como propriedades mecânica (resistência e flexibilidade), propriedades ópticas (cor e opacidade), propriedades sensoriais, propriedades de barreira (permeabilidade ao vapor de água, ao O₂ e CO₂) e solubilidade em água (Rigo, 2006).

A associação da celulose bacteriana com outros polímeros pode ser um método efetivo para aumentar suas características e estrutura, proporcionando novas aplicações industriais. Estudos recentes sobre o uso da celulose bacteriana na formação de compósitos pelo método de impregnação apresentaram bom desempenho nas propriedades mecânicas dos filmes formados. Saibuatong e Phisalaphong (2010) adicionaram *Aloe vera* no meio de cultivo durante a biossíntese da celulose bacteriana, promovendo reforço no biopolímero, com aumento significativo nas propriedades mecânicas de força, cristalinidade, capacidade de absorção de água e permeabilidade ao vapor de água. Wan et al. (2009), produziram biocompósitos de nanofibrilas de celulose bacteriana e amido e, observaram maior eficiência nas propriedades de tensão, resistência a umidade e ao ataque de microrganismos. Martins et al. (2009), utilizaram celulose bacteriana como reforço em

matriz de amido de milho termoplástico, esta combinação exibiu melhores propriedades mecânicas quando comparadas com compósitos de celulose vegetal. Yano et al. (2005) apresentaram a produção de nanocompósitos feitos com nanofibras de celulose bacteriana e resina acrílica. Compósitos de celulose bacteriana, na forma de folha, adicionado de resina fenólica foram produzidas por Nakagaito et al. (2005) e, mostrou alta resistência de tensão, com módulo de Young de 28 giga Pascal (GPa). Outras pesquisas com altos valores no módulo de Young foram relatados por Guhados et al. (2005) de 78 ± 17 GPa em fitas de celulose com largura variando de 35 a 90 nm; em filamento único de celulose bacteriana foi obtido 114 GPa por Hsieh et al. (2008). O módulo de cristal em celulose tipo I (presente em celulose bacteriana) em direção paralela ao eixo da cadeia, medida por difração de raios X, foi calculado em 138 GPa, sugerindo que a celulose bacteriana é promissor candidato ao reforço de bionanocompositos (Soykeabkaew et al., 2009).

Entretanto, até o momento não há informação sobre as propriedades de barreira em compósitos de celulose bacteriana e amido, produzidos por método de mistura. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar as propriedades físicas, químicas e de barreira em biofilme à base de celulose bacteriana (BC) e fécula de batata (FB) produzida pelo método de mistura.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Material

Celulose bacteriana produzido por *Acetobacter xylinum* ATCC 23769 oriundo da Fundação André Tosello – Campinas-SP, fécula de batata (Yoki) e glicerol P.A. (Merck) foram utilizados neste trabalho.

4.2.2 Métodos

4.2.2.1 Caracterização da fécula de batata

A fécula de batata foi analisada quanto ao teor de proteínas, lipídeos, cinzas e umidade, determinados de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (2008). A umidade foi determinada gravimetricamente, por perda de peso, em estufa a 105°C até massa constante, e o teor de cinzas foi obtido por incineração do material em mufla à temperatura de 550°C. Os lipídeos (extrato etéreo) foram obtidos por extração contínua com hexano, em aparelho de Soxhlet. O nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl e, para expressar o resultado em proteína foi usado o fator de 6,25. A determinação de amido total foi realizada segundo Demiate et al. (2001) e os resultados expressos em porcentagem. A amilose total foi determinada por método colorimétrico, conforme descrito por Zavareze et al. (2009) e o resultado expresso em porcentagem. O teor de amilopectina (%) foi calculado pela subtração do teor de amilose total (%) de 100%.

4.2.2.2 Processamento de celulose bacteriana

A celulose bacteriana retirada do caldo de fermentação (água de coco de fruta madura -300 mL; KH_2PO_4 – 5000 mg.L^{-1} ; FeSO_4 – 5 mg.L^{-1} ; NaH_2PO_4 – 300 mg.L^{-1}) foi aquecida até a fervura por 10 minutos, para destruição do microrganismo. As películas foram submetidas a sucessivas lavagens com água deionizada para retirada dos resíduos da fermentação, com posterior tratamento com NaOH 0,1N a 90°C por 30 minutos (Wu e Lia, 2008), e novamente lavagens com água deionizada (Figura 4.1A). Após purificação, foi desidratada em estufa com circulação de ar (QUIMIS – modelo Q317B) a $50^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas (Figura 4.1B) e triturada em moinho de bola (Modelo CT-241) por 40 minutos. Peneira de 150 mesh (1267,85 μm) (Bertel – modelo BT L021) foi utilizada para padronizar a granulometria da celulose (Figura 4.1C).

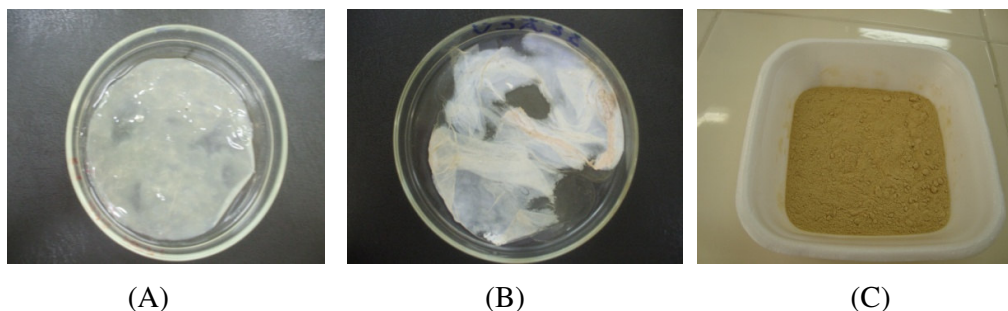


FIGURA 4.1 – CELULOSE BACTERIANA: (A) PURIFICADA; (B) SECA; (C) TRITURADA

4.2.2.3 Processamento de biofilme polimérico

Os biofilmes foram formulados utilizando planejamento experimental por Modelo de Mistura Ternária (Barros Neto et al., 1995), com componentes de fécula de batata (FB), celulose bacteriana (CB) e glicerol (GL), com proporções que variaram de 0 a 87,5%, 0 a 100% e 0 a 17,5%, respectivamente, com peso total de 4g (Tabela 4.1). As proporções do planejamento experimental foram determinadas por meio de ensaios preliminares.

TABELA 4.1 – PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL POR MODELO DE MISTURA

Tratamentos	Componentes da Mistura (%)		
	Fécula de batata (FB)	Celulose bacteriana (CB)	Glicerol (GL)
1	50,00	37,50	12,50
2	62,50	25,00	12,50
3	75,00	12,50	12,50
4	87,50	0,00	12,50
5	47,25	35,25	17,50
6	59,00	23,50	17,50
7	70,75	11,75	17,50
8	82,50	00,00	17,50
9	00,00	100,0	00,00

As soluções filmogênicas foram produzidas por meio da técnica de mistura, e aquecidas à 70°C, sob agitação de 50 rotação por minuto (rpm) em agitador magnético (Nova Ética- modelo114), durante 25 minutos. A celulose bacteriana, em pó, foi adicionada após 20 minutos de aquecimento. A água foi utilizada como solvente. Este

procedimento foi adotado devido à formação de filamentos que são produzidos com o aquecimento gradual, conforme ensaios preliminares.

Após resfriamento, em temperatura ambiente, os biofilmes foram confeccionados pela técnica de *casting* (Yang e Paulson, 2000), que consiste na desidratação de uma solução filmogênica aplicada sobre um suporte, em placa de vidro com área de 200 x 200 x 30 mm, cobertas com filme de PVC (policloreto de vinila) e delimitadas a uma área de 170 x 170 x 30mm. A secagem ocorreu em estufa com circulação de ar forçado (QUIMIS-modelo Q 317B) a $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 18 horas. O tratamento 9, com celulose bacteriana pura, foi processada como descrito no item 4.2.2.2 até a fase de purificação. Após foi esticada sobre grades e secas em estufa a 50°C por 60 minutos. Os biofilmes foram mantidos em frascos hermético contendo solução saturada de brometo de sódio NaBr (Vetec) a 22°C , com 58% de umidade relativa (UR), em estufa de DBO (Thelga-Modelo T34P) até a realização das análises.

4.2.2.4 Caracterização de propriedades físicas, químicas e de barreira de biofilmes poliméricos

Os biofilmes foram caracterizados por meio das propriedades físicas, químicas e de barreira, sendo, espessura, gramatura, densidade, opacidade, solubilidade, umidade, índice de intumescimento em pH 1,8 e 8,0, taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA), permeabilidade ao vapor de água (PVA), umidade, isoterma de adsorção de água a 20°C e 30°C , análise estrutural por microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise da interação entre os componentes do biofilme por espectroscopia de infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR). Todos os tratamentos foram realizados em triplicata.

4.2.2.4.1 Espessura, gramatura, densidade e opacidade

A espessura, gramatura e densidade foram realizadas segundo Sarantópoulos et al. (2002). Os corpos de prova foram previamente desidratados em estufa a $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 2h, e colocados em dessecador com sílica-gel para serem resfriados em temperatura ambiente. A espessura foi obtida com micrômetro (Mítutoyo $\pm 0,001$) em cinco pontos de

cada corpo de prova de 4 cm². A gramatura foi determinada pela pesagem de uma área de 2 cm² do filme, em balança analítica utilizando a equação 2. Os resultados foram expressos em g m⁻².

$$G = 10000 \frac{p}{a} \quad (2)$$

Onde,

G = gramatura (g.m⁻²)

p = peso do filme (g)

a = área do filme (cm²)

A densidade foi determinada através da medição da espessura em cinco pontos, do corpo de prova de 2 cm² e, calculados pela equação 3. Os resultados foram expressos em g. cm⁻³.

$$d = \frac{m}{v} \quad (3)$$

Onde,

d = densidade (g.cm⁻³)

m = massa (g)

v = volume (cm³)

A opacidade aparente dos biofilmes foi determinada em espectrofotômetro UV/Visível (Cintra 10 - Modelo Cintra Double Bean). Os corpos de prova foram cortados em retângulos e aderidos à parede interna da cubeta de quartzo (Biosystem – modelo Q 4). Nessas condições, foi varrida a faixa de comprimento de onda da luz visível em 600 nm. Os resultados foram apresentados como a razão entre a absorbância e a espessura do biofilme (mm) (Abs_{600nm} mm⁻¹), conforme Park e Zhao (2004).

4.2.2.4.2 Solubilidade e índice de intumescimento

A solubilidade em água foi determinada segundo Gontard et al. (1994), com corpos de prova de 2 cm². O peso seco inicial foi obtido em balança analítica (Shimadzu AX 200) ($\pm 0,0001$ g), após secagem a 50°C $\pm 2^\circ$ C por 2h. Os corpos de prova foram imersos em recipiente contendo 50 mL de água destilada e colocados sob agitação de 50 rpm (Nova Ética- modelo114), durante 24h, em temperatura de ambiente. A suspensão resultante foi filtrada e o resíduo foi seco à temperatura de 105°C por 24h. Após pesagem, foi determinada a quantidade de matéria seca não solubilizada. A solubilidade do biofilme foi expressa em porcentagem de massa solubilizada em relação à massa inicial.

O índice intumescimento, ou seja, a hidratação dos biofilmes em pH ácido (pH 1,8) e alcalino (pH 8,0), foi realizado com corpos de prova de 2 cm², segundo Cavalcanti et al. (2002). O peso seco inicial foi obtido após secagem a 50°C $\pm 2^\circ$ C por 2h. Os corpos de prova foram imersos em solução com ácido clorídrico pH 1,8 e, solução com bicarbonato de sódio pH 8,0 por período de tempos de 1, 10, 30 e 60 minutos. Transcorridos os intervalos pré-determinados, os biofilmes foram removidos utilizando pinça, e o excesso de água foi absorvido em papel filtro, durante 1 minuto. Os biofilmes hidratados foram repesados. O índice de intumescimento foi calculado conforme equação 4, e os resultados expressos em porcentagem (%).

$$H\% = \frac{P_f - P_i}{P_i} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde,

Pf = peso final do biofilme após período de hidratação;

Pi = peso inicial do biofilme seco.

4.2.2.4.3 Umidade

A umidade foi determinada por técnica gravimétrica, que se fundamenta na perda de umidade e substâncias voláteis a temperatura de 105°C, segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Cápsulas de alumínio foram previamente limpos, secos em estufa a 105°C por 2 horas, resfriados em dessecador e pesados. Adicionou-se 1g da amostra, mantidos em frascos hermético contendo solução saturada de NaBr (Vetec) a 22°C, com 58% de umidade relativa (UR). Cápsula de alumínio e amostra foi conduzida em estufa e mantida a 105°C durante 24h, até massa constante. Resfriados em dessecador, foram pesados e calculado pela equação 5. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

$$\text{Umidade} = \frac{(A - B)}{C} \times 100 \quad (5)$$

Onde,

A = Peso inicial (cápsula + amostra)

B = Peso final (cápsula + amostra após secagem)

C = Peso da amostra

4.2.2.4.4 Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) e permeabilidade ao vapor de água (PVA)

A taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) foi determinada por gravimetria pelo método padrão da norma da *American Society for testing and materials* - ASTM E96-00 (Sarantópoulos et al., 2002). Os corpos de prova apresentaram área de 0,0011 m² e aplicados em cápsulas de alumínio contendo 5g de CaCl₂ (anidro), dessecado em estufa a 150°C por 24h, e vedados com silicone. As cápsulas foram acondicionadas em dessecadores contendo solução saturada de cloreto de sódio. Todo o conjunto foi

aconditionado em estufa de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (Thelga – Modelo T34P) a $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, proporcionando umidade relativa de 75%.

A permeabilidade do biofilme foi calculada por meio de regressão linear entre o ganho de peso (g) e o tempo (h) durante o experimento. O coeficiente angular da reta determina a quantidade de água ganho pelo tempo (tg α). A TPVA foi calculada segundo a equação 6 e expressa em $\text{g H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$.

$$\text{TPVA} = \frac{\text{tg } \alpha}{A} \quad (6)$$

Onde,

$$\text{TPVA} = \text{g H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$$

Tg α = coeficiente angular da reta

A = área em (m^2)

O resultado da TPVA permite calcular a permeabilidade ao vapor de água (PVA) por meio da equação 7 e, foi expressa em $\text{gH}_2\text{O mm m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{mmHg}^{-1}$.

$$\text{PVA} = \frac{100 \cdot \text{TPVA} \cdot e}{p \cdot \text{UR}_e} \quad (7)$$

Onde,

$$\text{PVA} = \text{gH}_2\text{O mm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{mmHg}^{-1}$$

e = espessura do biofilme (mm)

p = pressão de vapor de água pura na temperatura de 20°C , expressa em mmHg

UR_e = umidade relativa a 20°C

4.2.2.4.5 Isoterma de adsorção de água

Isotermas de adsorção foram determinadas em temperaturas de 20°C e 30°C, pelo método estático (Mortola et al., 2003). A obtenção de valores de umidade relativa (UR) entre 5% e 100%, foi realizada com diferentes concentrações de solução de ácido sulfúrico P.A. (Ditchfield, 2000) (Tabela 4.2).

TABELA 4.2 - ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) EM DIFERENTES TEMPERATURAS E CONCENTRAÇÕES DE ÁCIDO SULFÚRICO

Concentração de H ₂ SO ₄ (%)	Atividade de água (Aw)	
	20°C	30°C
0	0,100	0,100
5	0,980	0,980
10	0,955	0,956
20	0,879	0,881
30	0,749	0,755
40	0,562	0,572
50	0,355	0,358
55	0,258	0,260
60	0,167	0,170
80	0,053	0,055

Fonte: Ditchfield (2000).

A concentração do ácido sulfúrico P. A. foi determinada por titulação com hidróxido de sódio P.A. e indicador metil orange, considerando o grau de pureza do ácido sulfúrico e do hidróxido de sódio P.A.

Os biofilmes foram mantidos em estufa a 50°C por 2h. Após resfriados em dessecadores foram pesados 0,2 g para obtenção da massa inicial. Os biofilmes foram mantidos em frascos de vidro, hermeticamente fechados, contendo solução de ácido sulfúrico, em 10 concentrações diferentes e, acondicionados em estufa de DBO (Thelga - Modelo T34P) a 20 °C e 30 °C, conforme análise. As pesagens foram realizadas em balança analítica (Shimadzu AX 200) $\pm 0,0001g$ a cada 24h, até atingir a umidade de equilíbrio com três massa constante. Os biofilmes foram secos em estufa a 105°C, por 24 horas. Resfriados em dessecadores, foram pesados, obtendo o valor da umidade de equilíbrio por meio da equação 8 e, expresso em g de água por 100g⁻¹ de matéria seca.

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad (8)$$

Onde,

X_{eq} = umidade de equilíbrio (base seca) (g de água por 100g⁻¹ de matéria seca)

m_{eq} = massa da amostra no equilíbrio (g)

m_s = massa da amostra seca (g)

Os resultados foram ajustados matematicamente pelo modelo de GAB (Guggenheim – Anderson – de Boer), segundo equação 9.

$$X_{eq} = \frac{K C X_m a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (9)$$

Onde,

X_{eq} = umidade de equilíbrio (g de água por 100 g⁻¹ de matéria seca)

K = constante de GAB relacionada à energia de interação das moléculas adsorvidas na multicamada

C = constante relacionada à energia de interação das moléculas adsorvidas na monocamada

X_m = umidade na monocamada (g de água por 100 g⁻¹ de matéria seca)

A_w = atividade de água (UR/100)

A determinação dos parâmetros do modelo foi realizada por regressão não-linear, com critério de convergência de 0,0001, usando o método Quasi-Newton, por meio do programa Statistica 5.1.

4.2.2.4.6 Análise estrutural dos biofilmes por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Para análise microscópica, os biofilmes foram mantidos em dessecador com cloreto de cálcio anidro (CaCl_2) (Vetec) por 48 horas. Os corpos de prova foram metalizados com ouro usando IC-50 ION COATER, marca Shimadzu, por 10 minutos. As imagens foram obtidas por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura, marca Shimadzu - modelo SSX 550 SUPER SCAN.

4.2.2.4.7 Análise da interação dos componentes do biofilme por espectroscopia de infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

Os biofilmes foram analisados em espectrofotômetro de infravermelho Nicolet, modelo FTIR 4700, na região espectral entre 4000 a 400 cm^{-1} , com resolução de 2 cm^{-1} . Para detectar mudanças na estrutura e a interação entre os polímeros do biofilme foi feito com 60 scans. Pastilha com 40 mg de brometo de potássio (KBr) (Merck), previamente dessecado, foi utilizado para correção de ruídos instrumentais. Os biofilmes foram preparados na forma de pastilhas, com 0,0391mg de KBr e 0,0009 mg da amostra, para cada tratamento.

4.2.2.5 Análise dos dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 95% de confiança (α 0,05). Os parâmetros estudados foram analisados pela metodologia de análise de superfície de resposta, por meio de diagrama ternário (Statistica 5.1).

A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada com o objetivo de avaliar a similaridade entre os biofilmes e a influência exercida por cada propriedade. A PCA foi aplicada à matriz de correlação de dados no programa Pirouette (Infometrix) versão 4.1, utilizando o pré-processamento de autoescalamento em função da correlação entre as

propriedades (espessura, gramatura, densidade, opacidade, solubilidade, índice de intumescimento em pH 1,8 e 8,0, TPVA e PVA) de cada tratamento, com as diferentes concentrações de fécula de batata, celulose bacteriana e glicerol.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Composição da fécula de batata

Os resultados da composição da fécula de batata estão apresentados na tabela 4.3.

TABELA 4.3 – TEORES DOS COMPONENTES DA FÉCULA DE BATATA

Teores dos componentes da fécula de batata (%)						
Proteína	Lipídeos	Amido total	Amilose	Amilopectina	Umidade	Cinzas
0,17 ±0,01	0,10 ±0,01	78,3 ±0,83	35,4 ±0,73	42,8 ±1,37	10,1 ±0,36	0,10 ±0,007

Nota: São apresentados as médias das triplicatas e respectivo desvio padrão.

A fécula de batata apresentou 78,3% de amido total, 35,4% de amilose, 42,8% de amilopectina. Valores menores de amido total, 65,1%, foram encontrado por Freitas et al. (2005), em farinha de batata. A amilose é a fração menos organizada (amorfa), com densidade que permite a penetração da água entre suas camadas e amilopectina, a fração mais organizada (cristalina) dos grânulos, mais densa, confere maior resistência à penetração da água e ação enzimática; ambas estão ligadas entre si por pontes de hidrogênio e envoltas por uma matriz protéica (Ezequiel, 2002). As proporções de amilose e amilopectina influem na viscosidade e no poder de gelificação do amido (Cereda et al., 2001). Bobbio e Bobbio (1989) relatam menores valores de amilose para o amido de batata, 18%, e maiores porcentagens de amilopectina, 82%, em relação ao encontrado neste

trabalho, contudo o estágio de desenvolvimento da planta é um dos fatores que pode influenciar esta porcentagem. Geddes et al. (1965) observaram um aumento significativo do teor de amilose em amido extraído de batata em estágio de tuberação mais avançado.

O teor de proteínas foi de 0,17%, o que pode significar um sabor suave, não interferindo no sabor e aroma dos alimentos, devido aos baixos teores de proteína residual, que em geral fica abaixo de 0,1%. O baixo teor de proteína é parcialmente responsável pela alta transparência de amidos nativos e modificados (Cereda, 2001). Comparando-se com os resultados de Franco (2002), o teor obtido de proteína em amido de batata foi de 5,8% e Freitas et al. (2005) verificou teor de 3,9%, esses valores são maiores que o encontrado neste trabalho. Esta diferença pode ser devido a processos de obtenção desta, e diferenças das características das matérias-primas.

O teor de lipídeos foi de 0,10%, e segundo Franco (2002), a batata inglesa possui baixos teores de lipídeos, o que pode facilitar o processo de gelificação e retrogradação do amido. Freitas et al. (2005) encontraram baixos valores, 0,2%, porém pouco superior ao encontrado neste trabalho.

A farinha de batata obteve um teor de umidade de 10%, estes valores estão em consonância com os teores de umidade das farinhas especificadas na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (Brasil, 2005), que variam de 8 a 21%. Freitas et al. (2005) observaram 7,9 % no teor de umidade em farinha de batata, ou seja, valores menores que neste trabalho.

O teor de cinzas foi de 0,10%, ou seja, indicando alto teor na matéria seca. Rezende et al. (2007) relatam que normalmente tem-se menor quantidade de matéria seca para batata cultivada no verão do que no inverno, pois temperaturas elevadas e dias nublados acarretam diminuição da fotossíntese líquida. No inverno, o teor de matéria seca normalmente é mais alto, em função da temperatura amena e da alta luminosidade.

Os teores de umidade e cinzas indicam 89% de matéria orgânica, esse aspecto influencia no volume da goma formada para a elaboração dos biofilmes.

4.3.2 Espessura, gramatura, densidade e opacidade

Foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nos valores da espessura, gramatura, densidade e opacidade entre os tratamentos, confirmada pelo teste de Tukey (Tabela 4.4). O teste F corrobora com os valores de p e, apresentam falta de significância estatística para fins preditivos, nas propriedades analisadas (Apêndice B - Tabela 4.5B e 4.6B).

TABELA 4.4 – RESULTADOS DAS PROPRIEDADES ESPESSURA, GRAMATURA, DENSIDADE E OPACIDADE EM BIOFILMES COM FÉCULAS DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL

Tratamentos	Propriedades			
	Espessura (mm)	Gramatura (g.m ⁻²)	Densidade (g.cm ⁻³)	Opacidade (Abs ₆₀₀ .mm ⁻¹)
1	0,078 ^a ±0,002	92 ^a ±0,050	0,96 ^e ±0,036	7,86 ^g ±0,100
2	0,063 ^c ±0,001	80 ^{bc} ±0,053	1,03 ^e ±0,019	11,50 ^e ±0,200
3	0,074 ^{ab} ±0,001	91 ^a ±0,033	1,21 ^d ±0,037	11,42 ^d ±0,100
4	0,067 ^{bc} ±0,000	88 ^{abc} ±0,026	1,43 ^{bc} ±0,011	8,28 ^f ±0,000
5	0,068 ^{bc} ±0,000	78 ^{bc} ±0,041	1,22 ^d ±0,040	6,80 ^h ±0,000
6	0,058 ^c ±0,001	95 ^a ±0,019	1,72 ^a ±0,019	14,81 ^b ±0,200
7	0,067 ^{bc} ±0,001	94 ^a ±0,049	1,56 ^b ±0,032	8,50 ^e ±0,100
8	0,064 ^c ±0,001	93 ^a ±0,056	1,43 ^{bc} ±0,057	6,25 ⁱ ±0,000
9	0,020 ^d ±0,000	90 ^{ab} ±0,015	0,43 ^f ±0,040	23,75 ^a ±0,000

NOTA - Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. São apresentados os valores médios das triplicatas e respectivo desvio padrão.

As espessuras médias apresentaram valores entre 0,020 a 0,078 mm. Entre os biofilmes formados por blendas, a variação foi de 0,058 a 0,078 mm, com diferença de 25,6%. Essa oscilação pode estar relacionada à composição dos componentes da mistura. Blendas com maior concentração de celulose bacteriana apresentaram aumento de 16,4% e 6,2% na espessura, em biofilmes com 12,5% e 17,5% de glicerol, respectivamente. O aumento do glicerol contribuiu na redução da espessura, pois diminuiu a rigidez da estrutura do biofilme e aumentou a mobilidade entre as cadeias poliméricas (Famá et al., 2005). Com aumento da concentração de fécula de batata houve redução da espessura em 14,1%, em biofilmes com 12,5% de glicerol e, com 17,5% de glicerol, a redução foi de 5,8% (Figura 4.2).

O tratamento 9ⁱ, formado por celulose bacteriana pura, mostrou menor espessura, entre os biofilmes. Esta espessura foi alcançada após 5 dias de processo fermentativo, em água de coco de fruta madura.

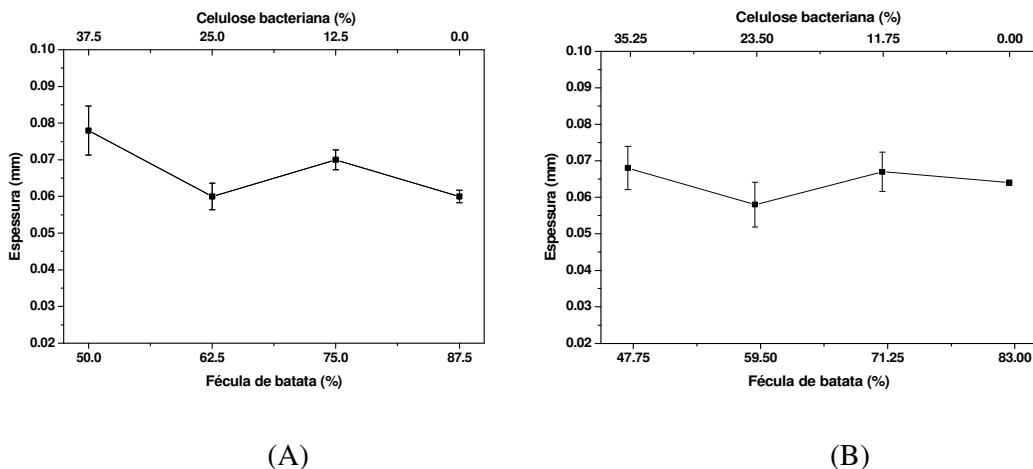


FIGURA 4.2 – INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA ESPESSURA: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL.

Ayarancy e Cetin (1995) com filmes de celulose e proteínas de pistache obtiveram espessuras entre 0,014 a 0,045 mm. Rhim (2004) encontrou valores entre 0,056 a 0,069 mm na espessura de filmes a base de fécula de mandioca. Henrique et al. (2008) em filmes de amidos de mandioca modificados, sob diferentes concentrações, apresentaram variação de espessura entre 0,06 e 0,12 mm. Os valores encontrados na literatura foram similares aos obtidos nos biofilmes formados por blenda de fécula de batata e celulose bacteriana.

Com base na análise de variância (Apêndice B - Tabela 4.7B) os valores dos coeficientes da regressão indicaram que, entre os componentes do biofilme, as interações da fécula de batata e da celulose bacteriana com o glicerol foram os fatores de maior influência ($p \leq 0,05$) na espessura dos biofilmes e, o glicerol apresentou significância inversamente proporcional (Figura 4.3).

ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

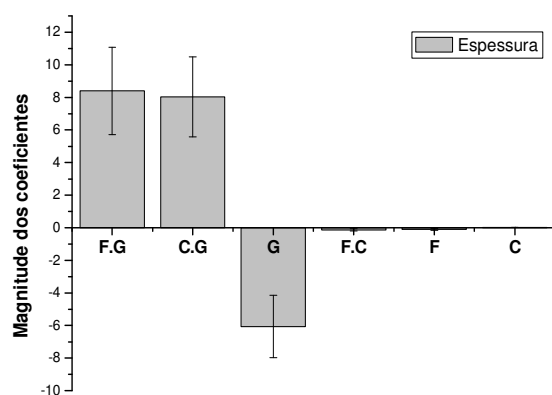


FIGURA 4.3 - MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A ESPESSURA

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

Por meio do diagrama ternário pode-se observar que os tratamentos, com maiores quantidades de fécula de batata e celulose bacteriana apresentaram biofilmes com maior espessura (Figura 4.4).

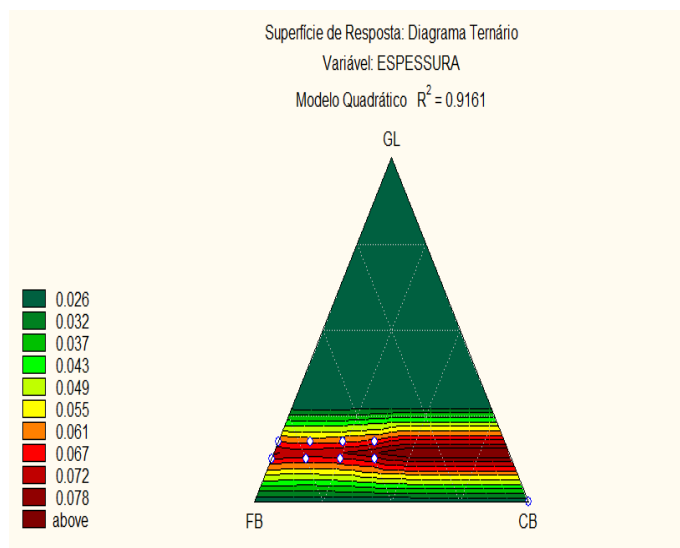


FIGURA 4.4 - DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE ESPESSURA

Nota – FB = Fécula de batata; CB = Celulose bacteriana; GL = Glicerol

O modelo matemático que descreve a espessura é definido pela equação 10.

$$\text{Espessura} = -0.105043x + 0.0199999y - 6.063814z - 12.4807xy + 8.405092xz + 8.040504yz + 0. \quad (10)$$

Onde,

X = fécula de batata

Y = celulose bacteriana

Z = glicerol

Os resultados da gramatura entre os tratamentos apresentaram valores de 0,78 a 0,95 g.m⁻², com diferença de 21,7% (Tabela 4.4). Aumento de 4,5% na gramatura foi observado em blendas com maior concentração de celulose bacteriana e 12,5% de glicerol. Biofilmes com 17,5% de glicerol, e maior concentração de celulose bacteriana, apresentou redução de 16,1% na gramatura. O acréscimo no teor de fécula de batata promoveu a redução da gramatura em 4,3%, em biofilmes com 12,5% de glicerol e, em biofilmes com 17,5% de glicerol, a gramatura aumentou 19,2% (Figura 4.5).

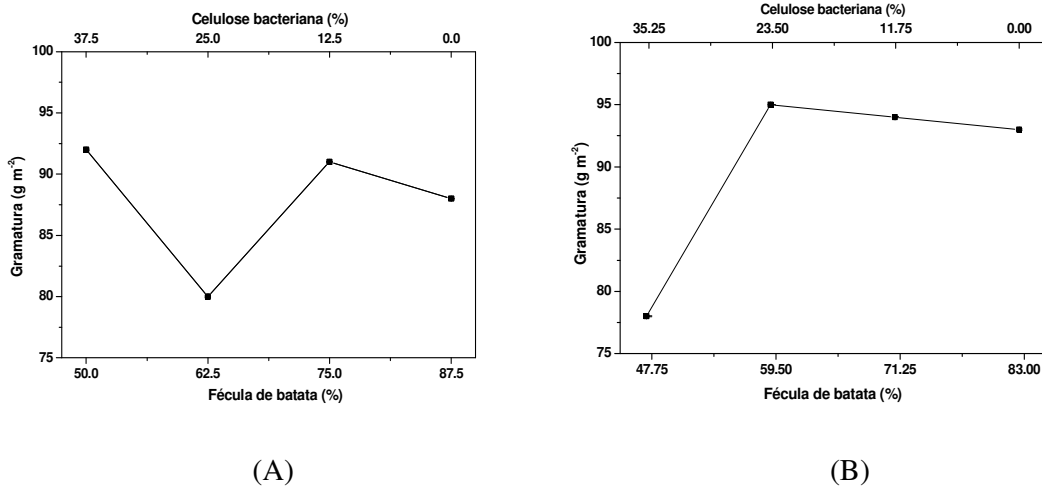


FIGURA 4.5 – INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA GRAMATURA: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL

Foi observado aumento de 2,2% e redução de 3,2% na gramatura do tratamento 9ⁱ, comparado com os tratamentos 4^d e 8^h, com ausência de celulose bacteriana, respectivamente.

A gramatura de filmes, definidos como o peso de uma determinada área do material, está diretamente relacionada à resistência mecânica e de barreira dos filmes, sendo que maiores gramaturas oferecem maiores resistências mecânicas (Oliveira et al., 1996; Sarantópoulos et al., 2002). A resistência mecânica é desejável em biofilmes, quando utilizado como embalagens em alimentos sensíveis a manipulação, podendo reduzir esses efeitos.

Na análise de variância (Apêndice B - Tabela 4.7B) os valores dos coeficientes da regressão mostraram que, entre os componentes do biofilme, as interações da fécula de batata e da celulose bacteriana com o glicerol foram os parâmetros importantes ($p \leq 0,05$) na gramatura. O glicerol apresentou influencia inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a concentração de glicerol menor a gramatura dos biofilmes (Figura 4.6).

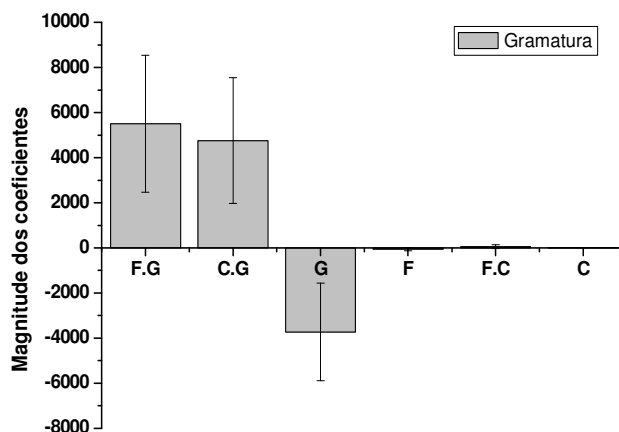


FIGURA 4.6 - MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A GRAMATURA

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

Por meio do diagrama ternário pode-se observar que os tratamentos, com maiores quantidades de fécula de batata tiveram influencia nos resultados da gramatura dos biofilmes (Figura 4.7).

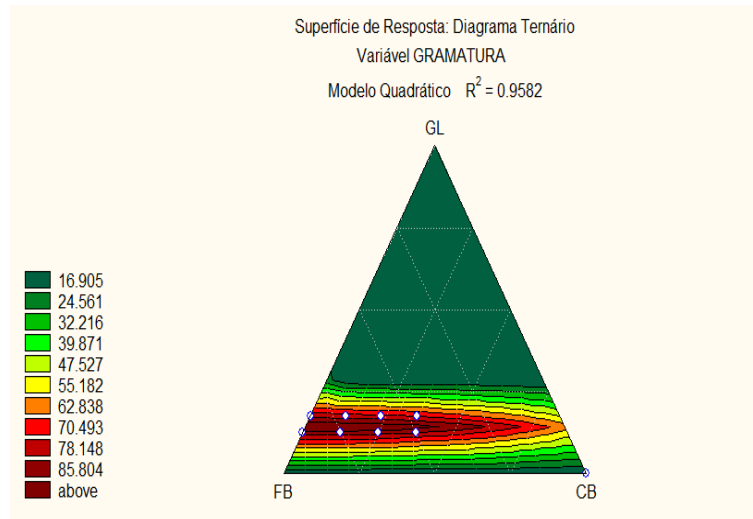


FIGURA 4.7 - DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A GRAMATURA

Nota – FB = Fécula de batata; CB = Celulose bacteriana; GL = Glicerol

O modelo matemático que descreve a gramatura é definido pela equação 11.

$$\text{Gramatura} = 57.18489 * x + 9.333333 * y + 723.467038 * z + 56.852782 * x * y + 5504.7573 * x * z + 4760.411088 * y * z \quad (11)$$

Onde,

X = fécula de batata

Y = celulose bacteriana

Z = glicerol

A densidade variou de 0,43 a 1,72 g.cm⁻³, com diferença de 300%, entre os tratamentos (Tabela 4.4). Com o aumento da celulose bacteriana houve redução de 32,8% e 14,7% na densidade em biofilmes com 12,5% e 17,5% de glicerol, respectivamente (Figura

4.8). A menor densidade foi verificada no tratamento 9ⁱ. Esse fato pode estar ligado a composição das fibras de celulose bacteriana (Chávez-Pacheco et al., 2004) de baixo peso molecular, ou seja, não apresentam átomos pesados (C,H,O) e, portanto, sua massa por unidade de volume é relativamente baixa. A densidade de um polímero está relacionada à composição química, ao peso molecular (moléculas individuais) e a forma como estão compactadas as moléculas (cristalinidade) (Sarantópoulos et al., 2002).

A densidade no tratamento 9ⁱ reduziu em média 69,9% comparado com os tratamentos 4^d e 8^h, com ausência de celulose bacteriana.

A densidade aumentou em 48,9% com o acréscimo no teor de fécula de batata, em biofilmes com 12,5% de glicerol e, em 17,5% de glicerol a elevação foi de 17,2% (Figura 4.8).

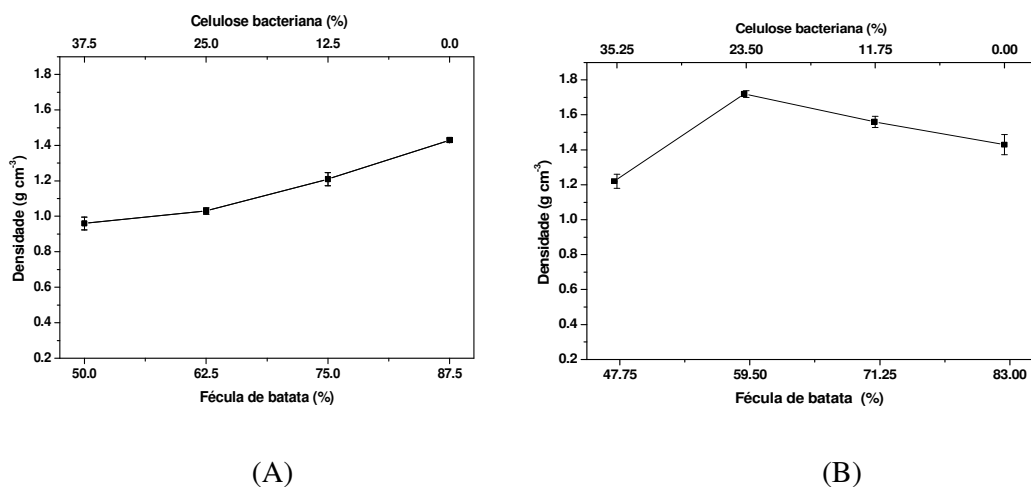


FIGURA 4.8 – INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA DENSIDADE: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL

Com base na análise de variância (Apêndice B - Tabela 4.8B), os valores dos coeficientes da regressão mostraram que, entre os componentes do biofilme, o glicerol foi o fator de maior influência ($p \leq 0,05$) na densidade. As interações da fécula de batata e da celulose bacteriana com o glicerol apresentaram significância negativa (Figura 4.9).

^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

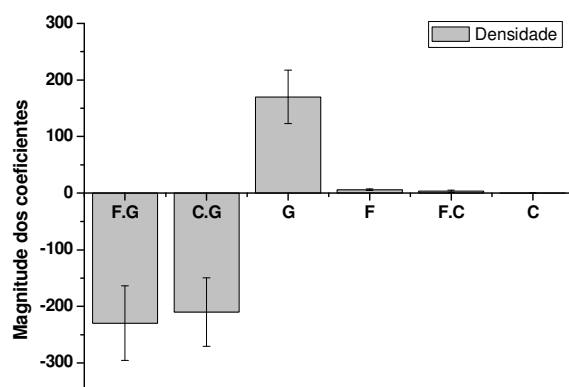


FIGURA 4.9 - MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A DENSIDADE

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

Segundo o diagrama ternário, os tratamentos com maiores quantidades de glicerol e fécula de batata produziram biofilmes mais densos (Figura 4.10).

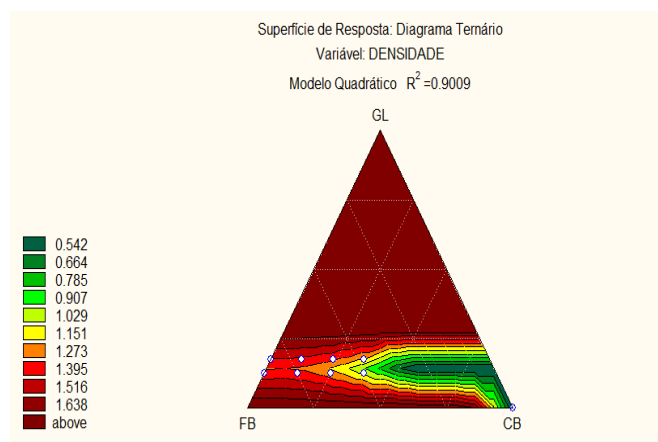


FIGURA 4.10 - DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A DENSIDADE

Nota – FB = Fécula de batata; CB = Celulose bacteriana; GL = Glicerol

O modelo matemático que descreve a densidade é definido pela equação 12.

$$\text{Densidade} = +5.965166*x + 4.30000*y + 170.012460*z + 3.567541*x*y - 229.758367*x*z - 209.965864*y*z + 0. \quad (12)$$

Onde,

X = fécula de batata

Y = celulose bacteriana

Z = glicerol

Os resultados da opacidade mostraram variação de 6,25 a 14,81 Abs_{600nm}.mm⁻¹, entre os tratamentos formados por blends, com diferença de 137% (Tabela 4.4). Valores baixos e altos na opacidade indicam biofilmes transparentes e opacos, respectivamente. Com aumento da concentração de celulose bacteriana houve redução de 5,1% na opacidade, em biofilmes com 12,5% de glicerol e, com 17,5% de glicerol a opacidade aumentou 8,8% (Figura 4.11).

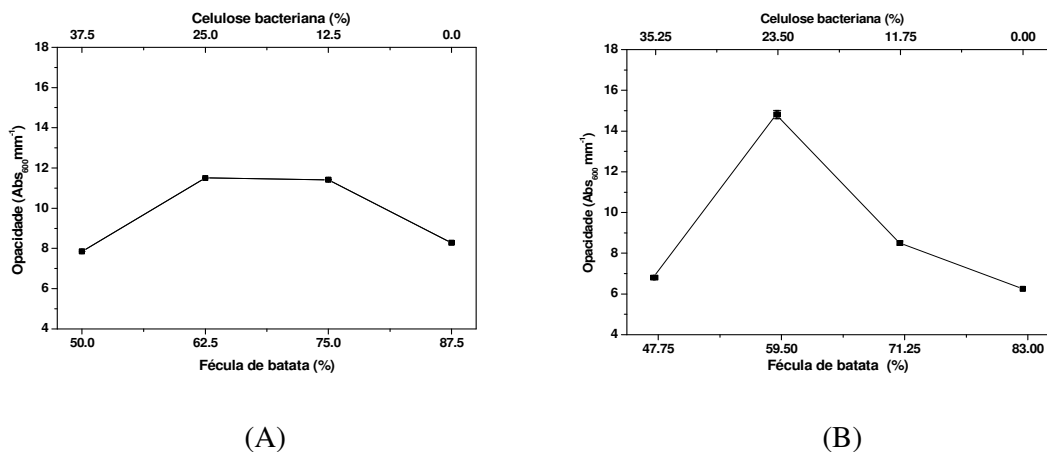


FIGURA 4.11 – INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA OPACIDADE: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL

A maior opacidade foi verificada no tratamento 9ⁱ (Tabela 4.4), com biofilme formado por celulose pura. Esta característica é consequência da morfologia ou estrutura química relacionada à massa molecular do componente utilizado no filme (Chen, 1995). A celulose bacteriana é formada por fitas ultrafinas com comprimentos que variam de 1 a 9 μm e,

ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

formam uma densa estrutura reticulada que é estabilizada por extensas pontes de hidrogênio (Bielecki, et al., 2005; Chávez-Pacheco et al., 2004) e altamente cristalinas (60 a 90%) (Czaja et al., 2006). As regiões cristalinas refletem ou desviam o feixe de luz incidente, comprometendo a transmissão da luz, o que propicia maior opacidade em relação aos amidos gelatinizados (cristalinidade reduzida).

Biofilmes opacos podem promover barreira à perda de cor em alimentos congelados e redução do escurecimento pelo processo oxidativo, principalmente em frutas. Essa característica proporciona maior proteção contra a incidência de luz, prevenindo a oxidação de vitaminas e lipídeos e a fotodegradação de pigmentos (Guilbert et al. 1996; Henrique e Cereda, 1999).

Aumentos de 186,8% e 280% foram observados na opacidade do tratamento 9ⁱ, comparado com os tratamentos 4^d e 8^h, com ausência de celulose bacteriana.

Com acréscimo da concentração da fécula de batata a opacidade aumentou 5,3%, em biofilmes com 12,5% de glicerol e, com 17,5% de glicerol a opacidade reduziu 8,1% (Figura 4.11). Park e Zhao (2004) observaram o mesmo efeito ao estudarem a opacidade em filmes de quitosana, ou seja, a opacidade diminui com aumento do glicerol.

A opacidade dos biofilmes, também, pode ter variado em função do teor de amilose (35,4%). Devido à linearidade de suas moléculas, em solução, tendem a orientar-se paralelamente, aproximando-se suficientemente para formar pontes de hidrogênio entre hidroxilas de cadeias adjacentes. Como resultado, a afinidade do polímero por água é reduzida, favorecendo a formação de pastas opacas e filmes resistentes (Wurzburg, 1986). Durante o processo de gelatinização do amido ocorre mudança na coloração devido à perda da estrutura e cristalinidade dos grânulos de amido, tornando-se gel com certa opacidade (Silva et al., 2007). No entanto, a baixa opacidade em biofilmes a base de amido foi verificada por Silva et al. (2008); Silva et al. (2007), Fakhouri et al. (2007) e, em biofilme de proteínas por Mali et al. (2002).

Na análise de variância (Apêndice B - Tabela 4.8B) os valores dos coeficientes da regressão mostraram que, entre os componentes do biofilme, o glicerol foi o fator de maior influência ($p \leq 0,05$) na opacidade dos biofilmes. A presença da fécula de batata e da celulose bacteriana e sua interação também contribuíram para os resultados da opacidade, de forma diretamente proporcional. As interações da fécula de batata e da celulose

^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL)

bacteriana com o glicerol apresentaram influência inversamente proporcional (Figura 4.12).

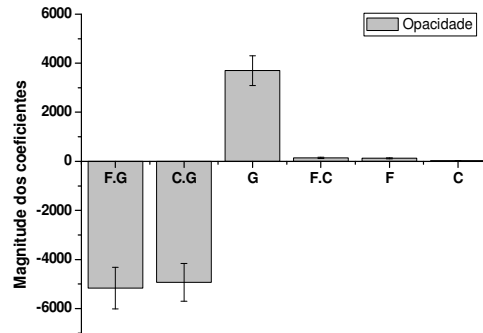


FIGURA 4.12 - MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A OPACIDADE

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

Por meio do diagrama ternário observa-se que, os tratamentos com maiores quantidades de fécula de batata, celulose bacteriana e glicerol, tiveram influencia direta nos resultados da opacidade dos biofilmes (Figura 4.13).

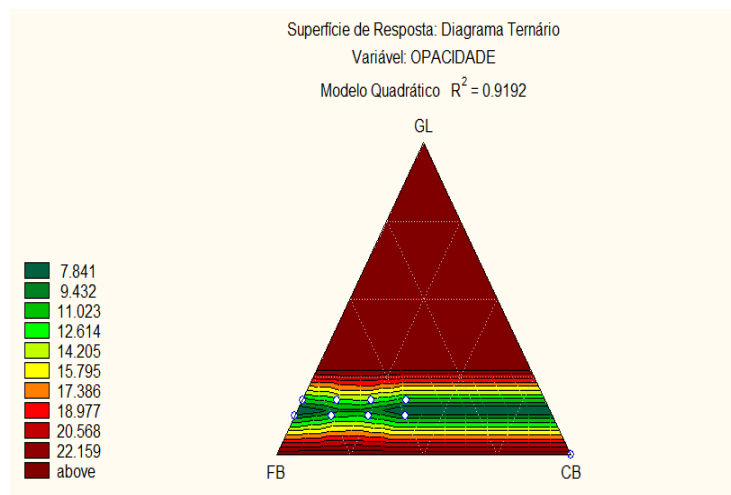


FIGURA 4.13 - DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A OPACIDADE

Nota – FB = Fécula de batata; CB = Celulose bacteriana; GL = Glicerol

O modelo matemático que descreve a opacidade é definido pela equação 13.

$$\text{Opacidade} = +125.05*x + 23.75*y + 3700.68*z + 142.43*x*y - 5159.19*x*z - 4926.16*y*z + 0. \quad (13)$$

Onde,

X = fécula de batata

Y = celulose bacteriana

Z = glicerol

4.3.3 Solubilidade, umidade e índice de intumescimento

Foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nos valores da solubilidade, umidade e índice de intumescimento entre os tratamentos, confirmadas pelo teste de Tukey (Tabela 4.9). O teste F corrobora com os valores de p, e apresentam falta de significância estatística para fins preditivos, com exceção no índice de intumescimento em pH 8,0 1 minuto (Apêndice B - Tabelas 4.10B, 4.11B, 4.12B, 4.13B e 4.14B).

A solubilidade apresentou variação de 28,6% a 86,2%, entre os tratamentos formados por blendas, com diferença de 201,4% (Tabela 4.9). Com aumento da concentração de celulose bacteriana houve redução de 56,2% na solubilidade, em biofilmes com 12,5% de glicerol e, com 17,5% de glicerol a solubilidade foi reduzida em 64,3% (Figura 4.14). Entre os biofilmes, com maior concentração de celulose bacteriana, tratamentos 1^a e 5^e, apresentaram redução de 24,1% na solubilidade, quando houve aumento de 17,5% a concentração de glicerol. A celulose bacteriana reduziu a porcentagem da solubilidade nos biofilmes, devido sua característica insolúvel em água. Porém, Laszkiewicz (1998) relata a solubilidade da celulose bacteriana quando tratado com NaOH 8,5% em temperatura de -5°C, somente se o grau de polimerização não for maior que 400. Quando adicionado 1% de uréia, a solubilidade aumenta desde que o grau de polimerização esteja abaixo de 560.

A solubilidade no tratamento 9ⁱ reduziu em média 96,8% ao comparar com os tratamentos 4^d e 8^h, sem celulose bacteriana.

^a1(50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^d4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

TABELA 4.9 – RESULTADOS DA SOLUBILIDADE, UMIDADE E ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 1,8 E 8,0, EM BIOFILMES DE COM FÉCULAS DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL

T	Propriedades									
	Solubilidade (%)	Umidade (%)	Índice de Intumescimento (%)							
			pH 1,8			pH 8,0				
		1 min	10 min	30 min	60 min	1 min	10 min	30 min	60 min	
1	37,70 ^{cd}	5,34 ^{df}	82,21 ^c	79,38 ^c	89,06 ^d	85,35 ^c	73,53 ^b	87,50 ^c	103,42 ^{ef}	91,94 ^c
	±0,069	±0,77	±0,049	±0,119	±0,083	±0,028	±0,039	±0,109	±0,204	±0,096
2	38,90 ^{cd}	8,91 ^c	58,64 ^c	136,80 ^{cd}	153,90 ^c	184,50 ^c	67,33 ^b	73,16 ^c	76,98 ^{ef}	95,46 ^c
	±0,022	±1,5	±0,124	±0,192	±0,107	±0,02	±0,052	±0,088	±0,136	±0,094
3	65,20 ^b	15,32 ^a	93,28 ^{bc}	170,30 ^{bc}	345,90 ^a	342,50 ^a	122,10 ^b	197,19 ^b	177,35 ^d	240,20 ^b
	±0,044	±0,80	±0,488	±0,171	±0,108	±0,057	±0,251	±0,016	±0,011	±0,021
4	86,20 ^a	17,49 ^a	131,90 ^b	262,90 ^a	219,80 ^b	258,90 ^b	88,77 ^b	189,32 ^b	215,55 ^c	227,79 ^b
	±0,048	±1,04	±0,027	±0,062	±0,096	±0,033	±0,155	±0,057	±0,026	±0,136
5	28,60 ^d	4,37 ^{ef}	115,50 ^b	84,39 ^c	109,40 ^{cd}	126,06 ^d	84,73 ^b	73,79 ^c	55,21 ^f	91,43 ^c
	±0,037	±0,60	±0,045	±0,076	±0,018	±0,024	±0,061	±0,134	±0,061	±0,056
6	45,50 ^c	7,00 ^{cde}	134,00 ^b	73,36 ^c	85,03 ^d	90,58 ^c	59,10 ^b	85,00 ^c	78,20 ^{ef}	82,39 ^c
	±0,092	±1,42	±0,11	±0,043	±0,058	±0,107	±0,108	±0,117	±0,05	±0,072
7	48,10 ^c	12,07 ^b	90,09 ^b	91,56 ^{de}	84,33 ^d	88,72 ^c	75,33 ^b	72,31 ^c	82,02 ^{ef}	93,45 ^c
	±0,138	±0,73	±0,242	±0,092	±0,04	±0,1	±0,117	±0,035	±0,126	±0,105
8	80,20 ^a	16,77 ^a	115,50 ^b	204,20 ^b	211,20 ^b	231,90 ^b	133,60 ^b	209,22 ^b	378,53 ^a	418,11 ^a
	±0,092	±0,67	±0,027	±0,045	±0,05	±0,039	±0,029	±0,039	±0,013	±0,04
9	2,60 ^e	7,47 ^{cd}	244,70 ^a	199,60 ^b	161,50 ^{bc}	191,80 ^c	271,60 ^a	261,05 ^a	285,22 ^b	260,70 ^b
	±0,078	±1,13	±0,057	±0,144	±0,272	±0,109	±0,271	±0,092	±0,067	±0,087

NOTA – T = tratamento. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. São apresentados os valores médios das triplicatas e o respectivo desvio padrão.

Biofilmes com maior concentração de fécula de batata tiveram aumento na solubilidade, de 128,6% e 180,4%, com 12,5% e 17,5% de glicerol na composição dos biofilmes, respectivamente (Figura 4.14). Essa característica pode estar relacionada ao aumento na quantidade de hidroxilas em matrizes poliméricas polares, e com a maior formação de pontes de hidrogênio com a água (Mchugh e Krochta, 1994; Miller e Krochta, 1997), resultando biofilmes mais solúveis.

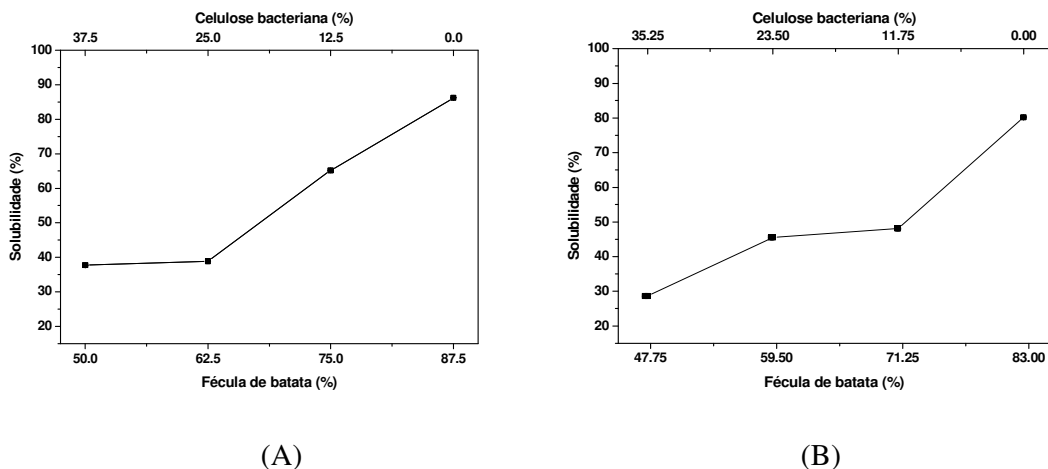


FIGURA 4.14 – INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA SOLUBILIDADE: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL

Biofilmes com pouca resistência a água dificilmente pode ser utilizado como proteção em alimentos com alta umidade. Porém, podem ser requeridos em alimentos produzidos em pequenas porções que serão dissolvidas em água e processados sob aquecimento (Guibbert e Biquet, 1989).

A alta solubilidade é desejável em filmes biodegradáveis (Yamashita et al., 2005; Siracusa et al., 2008) e quando utilizados em alimentos como cobertura, podem reduzir problemas de textura nestes alimentos. Entretanto, a baixa solubilidade pode ser requerida quando o objetivo é o aumento do teor de fibras no alimento, como o caso da celulose bacteriana sugerido por Okiyama et al. (1992), Okiyama et al. (1993), Lin e Lin (2004), Jagannath et al. (2009), ou ainda para recobrir fármacos como a quitosana e N-carboximetilquitosana em estudo desenvolvido por Lamim (2006), com intuito em manter a integridade e resistência à água nos fármacos.

Na análise de variância (Apêndice B - Tabela 4.15B) os valores dos coeficientes da regressão indicaram que, entre os componentes do biofilme, as interações entre a fécula de batata e a celulose bacteriana com o glicerol tiveram maior influência ($p \leq 0,05$) na solubilidade dos biofilmes e, o glicerol mostrou influência negativa (Figura 4.15).

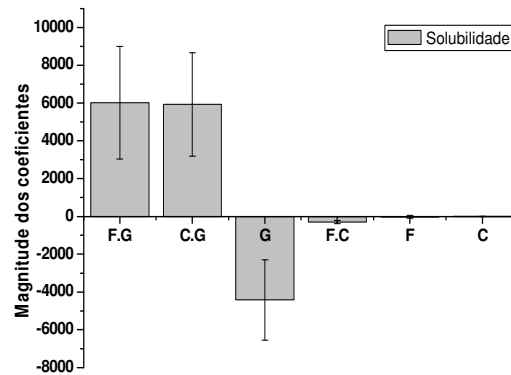


FIGURA 4.15 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A SOLUBILIDADE

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

Por meio do diagrama ternário pode-se observar que os tratamentos, com maiores quantidades de fécula de batata e celulose bacteriana apresentaram maior influencia nos resultados da solubilidade dos biofilmes (Figura 4.16).

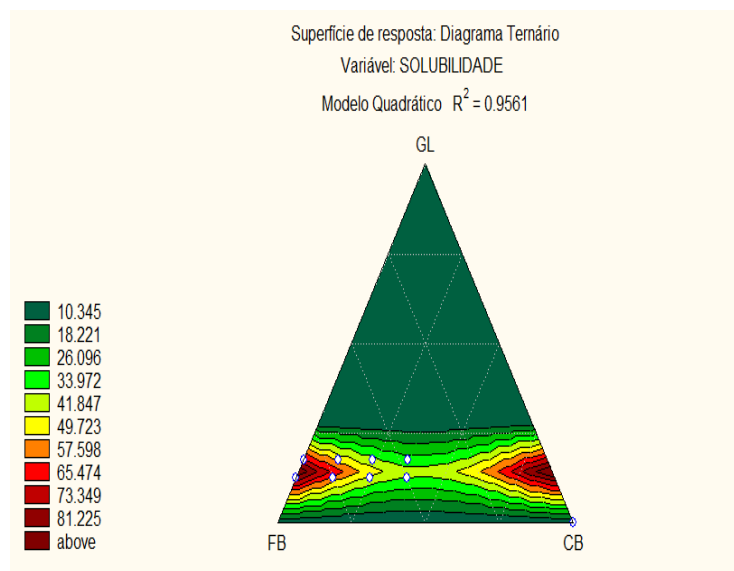


FIGURA 4.16 - DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A SOLUBILIDADE

Nota – FB = Fécula de batata; CB = Celulose bacteriana; GL = Glicerol

O modelo matemático que descreve a solubilidade é definido pela equação 14.

$$\text{Solubilidade} = -21.508*x + 2.659*y - 4418.372*z - 299.281*x*y + 6021.461*x*z + 5925.780*y*z + 0. \quad (14)$$

Onde,

X = fécula de batata

Y = celulose bacteriana

Z = glicerol

A umidade variou de 4,3% a 17,4%, com diferença de 300%, entre os tratamentos (Tabela 4.9). Com o aumento da celulose bacteriana houve redução de 69,5% e 73,9% na umidade, em biofilmes com 12,5% e 17,5% de glicerol, respectivamente (Figura 4.17). A presença da celulose bacteriana reduziu a umidade dos biofilmes. Entre os biofilmes, formado por blenda, com maior concentração de celulose bacteriana, tratamento 1^a e 5^e, houve redução de 18,2%, quando houve aumento na concentração de glicerol. Trabalhos desenvolvidos por Funke et al. (1998), Dufresne e Vignon (1998), Avérous et al. (2001) mostraram que em filmes de amido com adição de fibras de celulose, em quantidades pequenas, diminui a afinidade deste com a água. Curvello et al. (2001) adicionando fibras de celulose em materiais termoplásticos de amido de milho e, Müller (2007) adicionando fibras de celulose em filmes de amido de mandioca observaram uma redução na absorção de água, além de maior solidez na estrutura dos filmes.

A umidade no tratamento 9ⁱ reduziu em média 53,3% ao comparar com os valores encontrados nos tratamentos 4^d e 8^h, sem celulose bacteriana.

Com a elevação na concentração de fécula de batata ocorreu acréscimo de 227,5% na umidade dos biofilmes, com 12,5% de glicerol. Biofilmes, com 17,5% de glicerol, o aumento foi de 283,7%, ou seja, o acréscimo no teor de glicerol proporcionou biofilmes com maior umidade (Figura 4.17). O aumento da hidroflicidade dos biofilmes com a

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^h (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

quantidade de plastificante pode ser atribuído à maior disponibilidade de grupos hidroxilas para a ligação com a água (Mali et al., 2004; Godbillot et al., 2006; Chang et al., 2006; Müller et al., 2008).

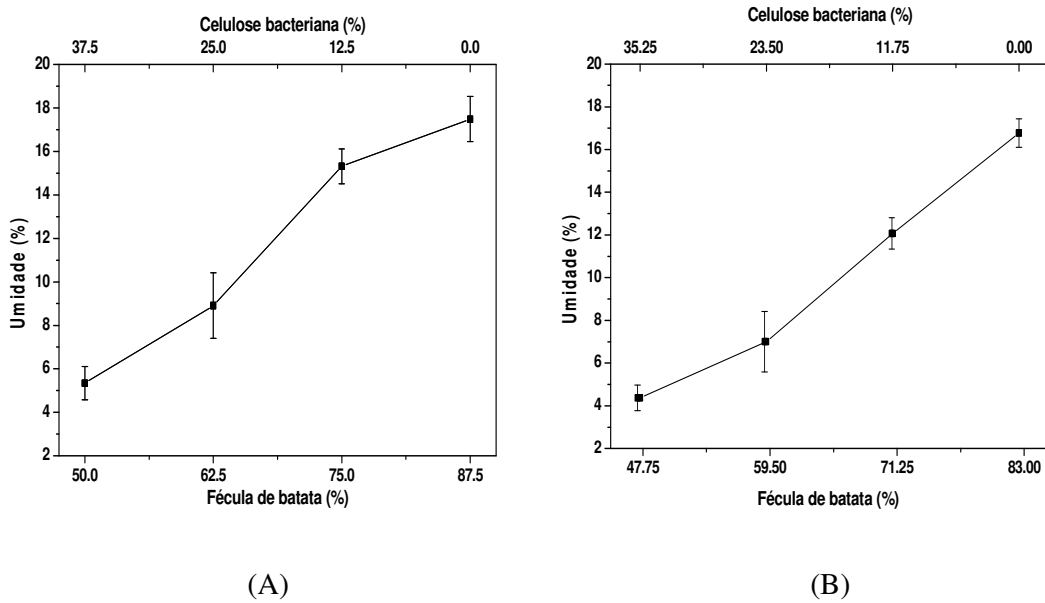


FIGURA 4.17 – INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA UMIDADE: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL

Na análise de variância (Apêndice B - Tabela 4.15B) os valores dos coeficientes da regressão mostraram que, entre os componentes do biofilme, a fécula de batata e a celulose bacteriana tiveram maior influência ($p \leq 0,05$) na umidade dos biofilmes. O glicerol, embora tenha apresentado magnitude positiva, mostrou um amplo desvio padrão, configurando baixa significância estatística ($p \geq 0,05$) (Figura 4.18).

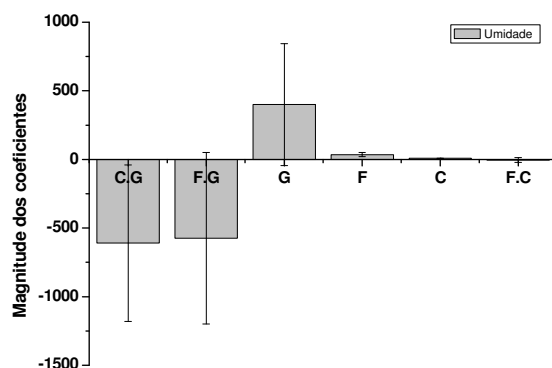


FIGURA 4.18 - MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A UMIDADE

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

Por meio do diagrama ternário pode-se observar que os tratamentos, com maiores quantidades de fécula de batata e glicerol apresentaram maiores teores de umidade (Figura 4.19).

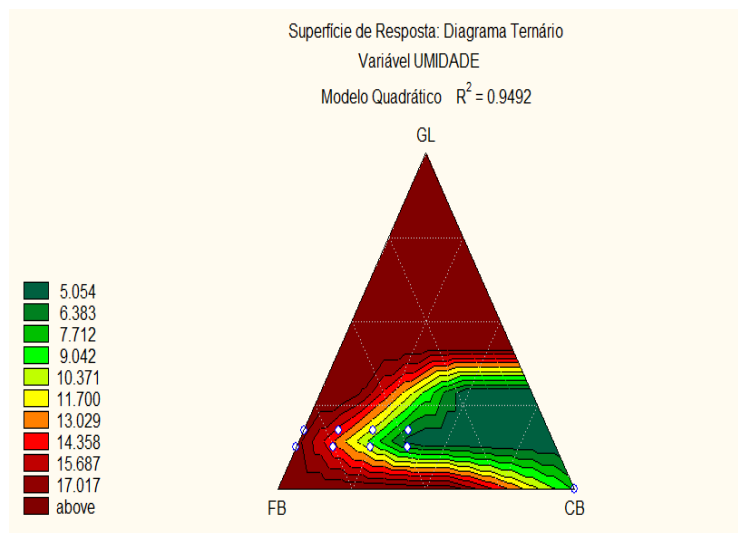


FIGURA 4.19 - DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A UMIDADE

Nota - FB = Fécula de batata; CB = Celulose bacteriana; GL = Glicerol

O modelo matemático que descreve a umidade é definido pela equação 15.

$$\text{Umidade} = +35.3397*x + 7.4679*y + 400.7031*z - 3.9638*x*y - 573.7289*x*z - 609.3003*y*z$$

(15)

Onde,

X = fécula de batata

Y = celulose bacteriana

Z = glicerol

O índice de intumescimento em pH 1,8 nos tempos 1, 10, 30 e 60 minutos, apresentaram variações entre os tratamentos formados por blendas, com diferenças de 128,5%, 258,4%, 310,3% e 301,4% e, em pH 8 as diferenças foram de 126,2%, 189,3%, 585,6% e 407,5%, respectivamente (Tabela 4.9).

Com aumento da concentração de celulose bacteriana, em biofilmes formados por blendas, houve redução no índice de intumescimento, tanto em pH ácido quanto alcalino, com exceção dos biofilmes com 17,5% de glicerol, imersos em solução com pH 1,8 por 1 minuto. Em biofilmes, com 12,5% de glicerol, e colocados em solução de pH 1,8, as reduções foram de 37,7%, 69,8%, 59,5% e 67% e, em pH 8,0, apresentaram 17,1%, 53,8%, 52% e 59,6%, nos tempos 1, 10, 30 e 60 minutos, respectivamente. Em biofilmes, com concentração de 17,5% de glicerol, imersos em solução com pH 1,8, as reduções foram de 58,7%, 48,2% e 45,6% nos tempos de 10, 30 e 60 minutos e, em pH 8,0 apresentaram 36,6%, 64,7%, 85,4% e 78,1%, nos tempos 1, 10, 30 e 60 minutos, respectivamente (Figura 4.20). Esse efeito foi verificado por Phisalaphong e Jatupaiboon (2008), em filmes produzidos com celulose bacteriana e quitosana, houve aumento na capacidade de absorção a água com o acréscimo de quitosana.

Com o acréscimo na concentração de fécula de batata, em biofilmes formados por blendas, o índice de intumescimento apresentou relação inversa à celulose bacteriana. Biofilmes com 12,5% de glicerol, e submetidos à solução com pH 1,8, os aumentos foram de 60,4%, 231,2%, 146,9% e 203,4% e, em pH 8,0, apresentaram 20,7%, 116,3%,

108,4% e 147,7% nos tempos 1, 10, 30 e 60 minutos, respectivamente. Em biofilmes, com 17,5% de glicerol, imersos em solução com pH 1,8, os aumentos foram de 142%, 92,9%, 83,9%, nos tempos 10, 30 e 60 minutos e, em pH 8,0, apresentaram 57,7%, 183,5%, 585,6% e 147,7% nos tempos 1, 10, 30 e 60 minutos, respectivamente (Figura 20). Rosina et al. (2004) em estudo com polissacarídeo extraído da raiz de Lótus, quando incorporado ao Eudragit®RS30D (30% de peso seco na dispersão), encontraram aumento no grau de hidratação nos filmes com maior concentração de polissacarídeo.

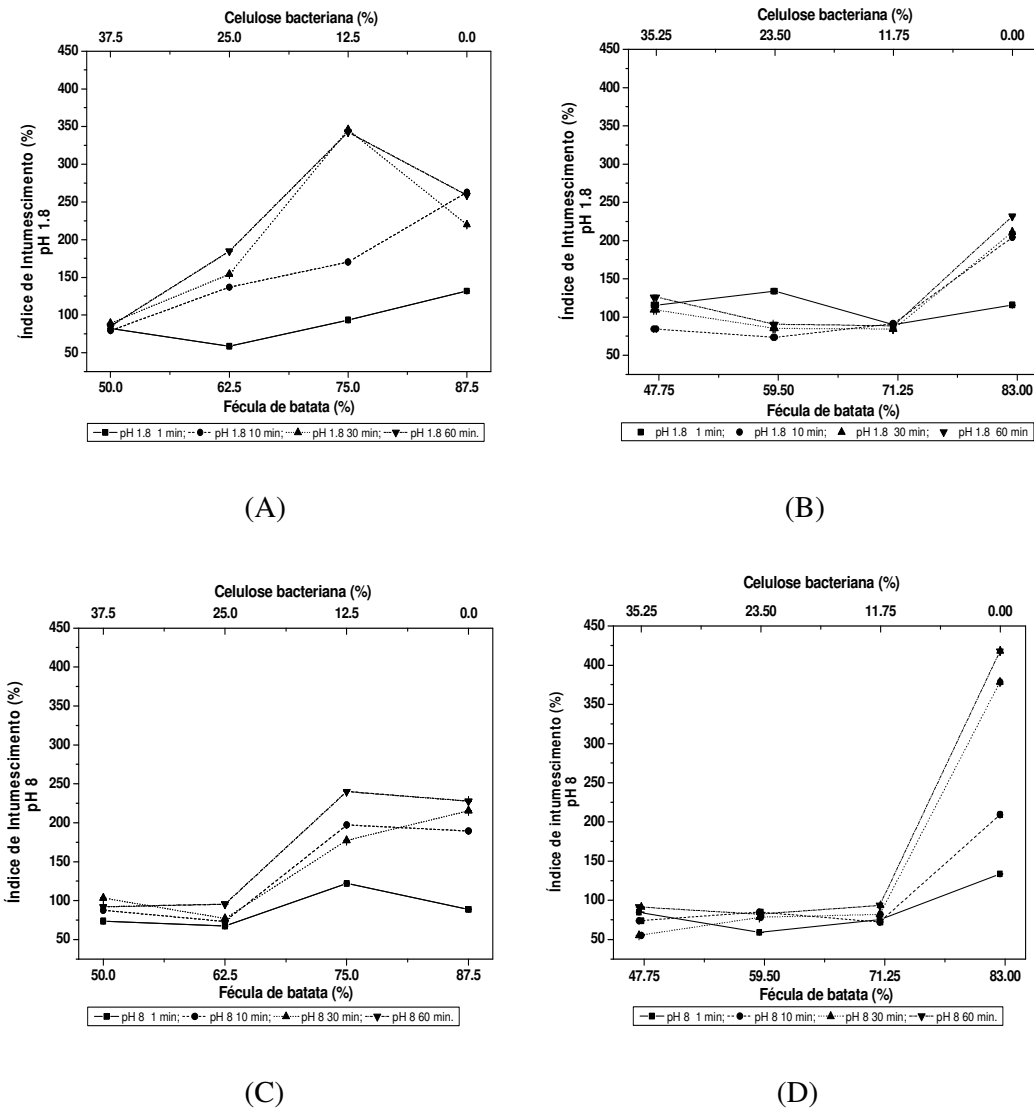


FIGURA 4.20 – INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO: (A) pH 1,8 12,5% DE

GLICEROL; (B) pH 1,8 17,5% DE GLICEROL; (C) pH 8,0 12,5% DE GLICEROL; (D) pH 8,0 17,5% DE GLICEROL

Maior valor no índice de intumescimento foi verificado no tratamento 9ⁱ, com 244,7% e 271,6%, no tempo de 1 minuto, em pH ácido e alcalino, respectivamente. Phisalaphong e Jatupaiboon (2008) apresentaram maiores valores na capacidade de absorção à água pela celulose bacteriana, 482%, em água deionizada. Em 10 minutos, os maiores aumentos foram encontrados nos tratamentos 4^d (pH 1,8) e 9ⁱ (pH 8,0), com 262,9% e 261,1%, respectivamente. Em 30 e 60 minutos, os maiores índices foram observados nos tratamentos 3^c (pH 1,8) com 345,9% e 342,6% e, 8^h (pH 8,0) com 378,5% e 418,1%, respectivamente.

O índice de intumescimento no tratamento 9ⁱ em pH 1,8 aumentou em média 98,6% no tempo de 1 minuto e, em 10, 30 e 60 minutos houve redução média de 13,1%, 25% e 21,6%, respectivamente, comparado com os tratamentos 4^d e 8^h.

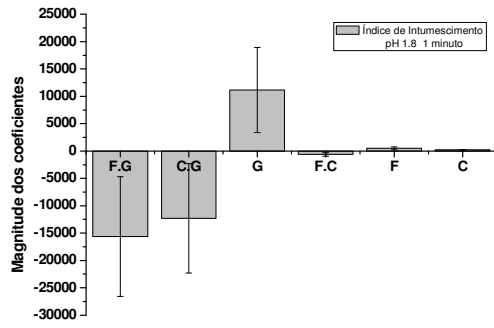
O índice de intumescimento está relacionado ao grau de hidratação dos biofilmes e, a velocidade de difusão, em polímeros, depende do número de moléculas do permeante e do tamanho dos espaços vazios. Também estão relacionados ao volume livre (grau de espaço intersticial entre moléculas do polímero), à densidade e ao grau de compactação das cadeias. Amidos em geral apresentam maior densidade, grau de compactação e menores espaços vazios entre as cadeias (Kester e Fennema, 1986). A fração de amilopectina encontrada foi de 42,8% na fécula de batata e, isso confere alguma resistência à penetração da água, o que justifica o índice de intumescimento mais lento que a celulose bacteriana, durante o primeiro minuto.

No entanto, o uso de plastificante como o glicerol, o qual possui caráter higroscópico, aumenta a afinidade e solubilidade dos biofilmes com a água (Mali et al., 2004; Chang et al., 2006; Müller et al., 2008) e afeta diretamente as propriedades frente aos vapores e solutos, pela redução das forças intermoleculares entre as cadeias dos polímeros que o compõem. Isso ocorre devido à maior disponibilidade de grupos hidroxilas na fécula de batata para a ligação com a água, já que o glicerol possui três hidroxilas, favorecendo essa interação com as moléculas de amilose e amilopectina.

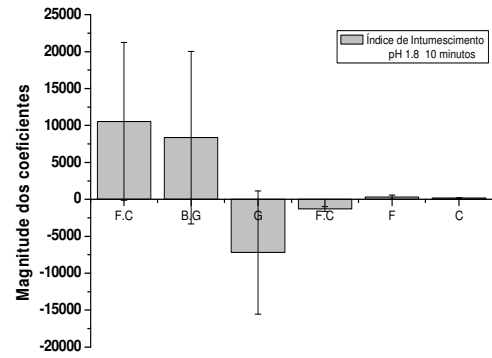
^d 4 (87,5% FB, 0% CB, 12,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

O aumento na capacidade de absorção também foi verificado em blendas de celulose bacteriana com quitosana, quando houve aumento na concentração de quitosana (Phisalaphong e Jatupaiboon, 2008). Blendas de celulose bacteriana com gel de alginato resultaram no aumento da capacidade dos filmes na absorção de água relatados por Phisalaphong, Suwanmajoo e Tammarate (2008). Filmes de celulose bacteriana suplementado com gel de *Aloe vera* a 30% proporcionaram aumento de 735% ou 1,5 vezes a capacidade de absorção de água, comparado com celulose bacteriana sem tratamento, descrito por Saibuatong e Phisalaphong (2010). Assim, o grau de intumescimento em filmes formados por blendas pode ser aumentado com a incorporação de um componente hidrofílico. Em pesquisa desenvolvida por Sokolnicki et al. (2006) sobre a permeabilidade da celulose bacteriana, foi verificado que o efeito do coeficiente de difusão das moléculas de vitamina B12, lisozima e albumina de soro bovino demonstraram redução, com o aumento do peso molecular, devido a obstrução das fibras, sugerindo ligeiro retardo na transferência de substâncias pela membrana de celulose bacteriana. Essa característica, no retardo do intumescimento após o primeiro minuto, pode ter ocorrido neste trabalho, com a mistura da celulose bacteriana com a fécula de batata.

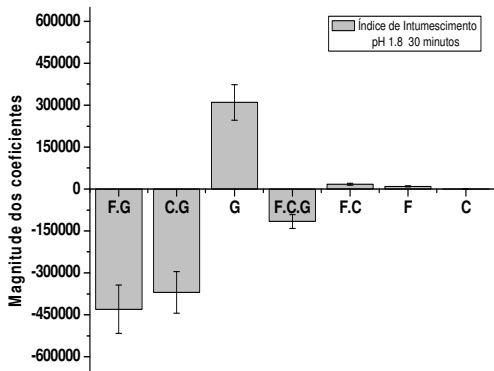
Na análise de variância (Apêndice B - Tabelas 4.16B, 4.17B, 4.18B e 4.19B) os valores dos coeficientes da regressão mostraram que, entre os componentes do biofilme, a celulose bacteriana teve maior influência ($p \leq 0,05$) no índice de intumescimento, em pH 1,8 em 1 minuto e, em 30 e 60 minutos foram significativos o glicerol, fécula de batata, celulose bacteriana e a interação da fécula de batata com a celulose bacteriana. Em pH 8,0 as maiores influências foram verificadas pelo glicerol, fécula de batata, celulose bacteriana e a interação da fécula com a celulose (Figura 4.21).



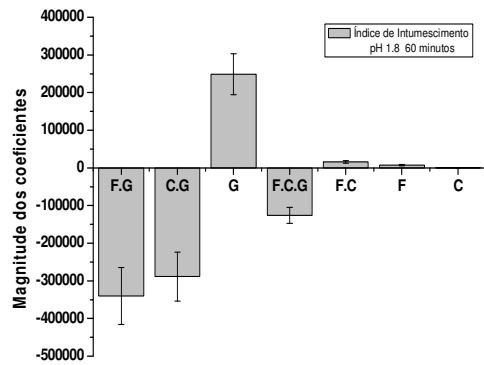
(A)



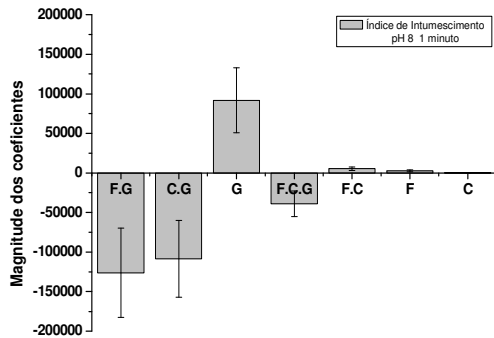
(B)



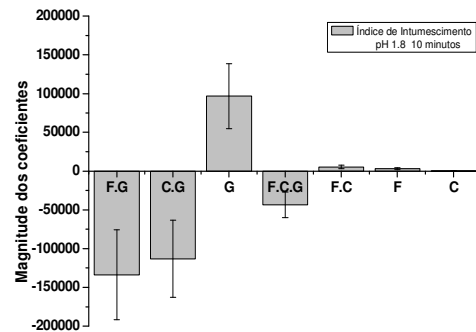
(C)



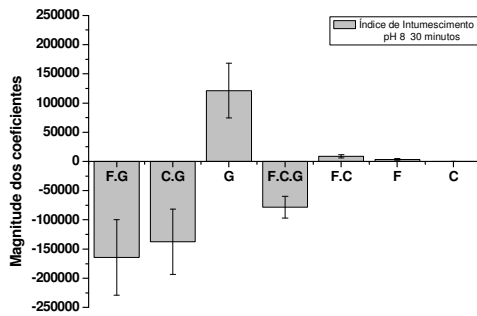
(D)



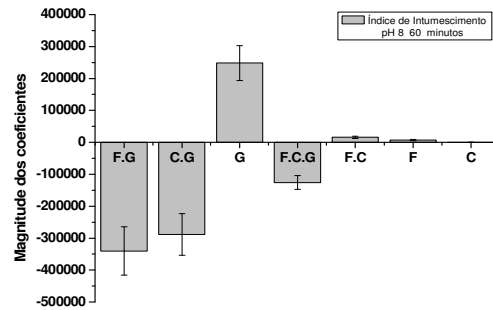
(E)



(F)



(G)

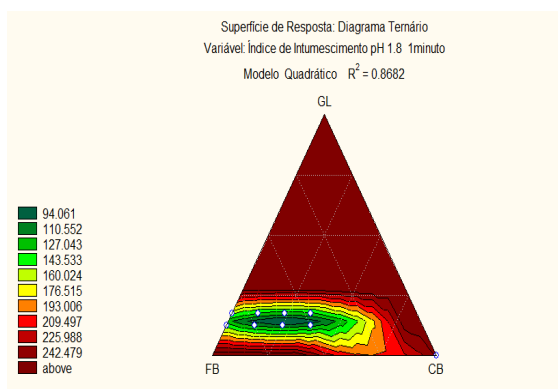


(H)

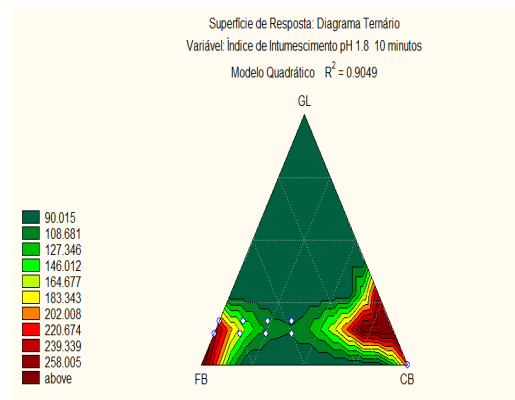
FIGURA 4.21 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO: (A) pH 1,8 1 MINUTO; (B) pH 1,8 10 MINUTOS; (C) pH 1,8 30 MINUTOS; (D) pH 1,8 60 MINUTOS; (E) pH 8,0 1 MINUTO; (F) pH 8,0 10 MINUTOS; (G) pH 8,0 30 MINUTOS; (H) pH 8,0 60 MINUTOS

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

Por meio do diagrama ternário (Figura 4.22) pode-se observar que, os biofilmes imersos em solução com pH 1,8, por 1 minuto, e com maiores quantidades de fécula de batata, celulose bacteriana e glicerol, tiveram maior influencia no índice de intumescimento. Mantidos por 10 minutos, os tratamentos com maiores quantidades de fécula de batata e celulose bacteriana foram mais significativas e, em 30 e 60 minutos a fécula de batata e o glicerol apresentaram influência direta nos resultados.



(A)



(B)

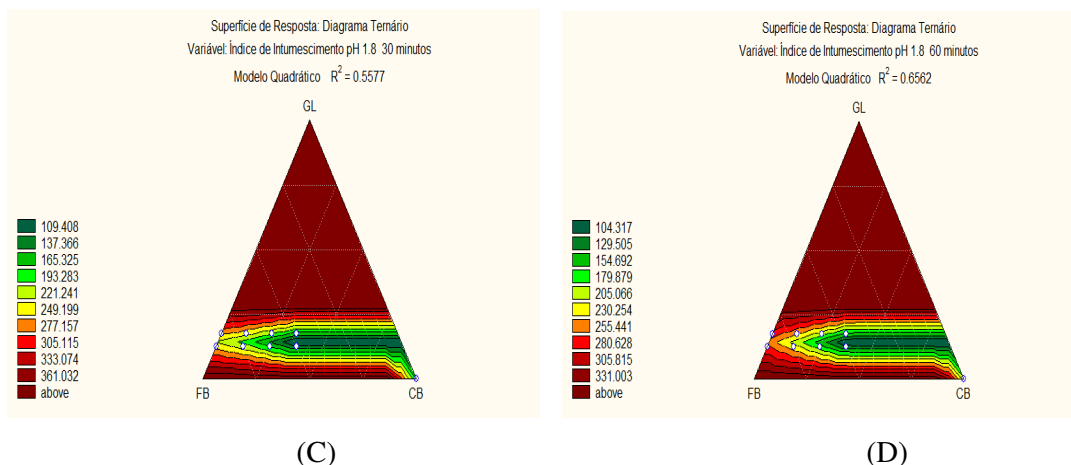


FIGURA 4.22 – DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 1,8 DURANTE OS TEMPOS: (A) 1 MINUTO; (B) 10 MINUTOS; (C) 30 MINUTOS; (D) 60 MINUTOS

Nota – FB = Fécula de batata; CB = Celulose bacteriana; GL = Glicerol

O modelo matemático que descreve o índice de intumescimento em pH 1,8, nos tempos 1, 10, 30 e 60 minutos, é definido pelas equações 16, 17, 18 e 19, respectivamente.

$$I_{\text{Int. pH 1.8 1 minuto}} = +503.038*x + 244.733*y + 11183.369*z - 615.148*x*y - 15628.619*x*z - 12278.030*y*z \quad (16)$$

$$I_{\text{Int. pH 1.8 10 minuto}} = +293.265*x + 199.633*y - 7199.365*z - 1298.009*x*y + 8342.603*x*z + 10555.412*y*z \quad (17)$$

$$I_{\text{Int. pH 1.8 30 minutos}} = +1443.18*x + 161.50*y + 26927.86*z + 515.13*x*y - 30286.11*x*z - 4834.50*y*z \quad (18)$$

$$I_{\text{Int. pH 1.8 60 minutos}} = +1548.159*x + 191.853*y + 27211.559*z + 223.788*x*y - 40593.284*x*z - 34982.882*y*z \quad (19)$$

Onde,

X = fécula de batata

Y = celulose bacteriana

Z = glicerol

O diagrama ternário (Figura 4.23) mostra que os biofilmes imersos, em solução com pH 8,0 por 1 minuto, com maiores quantidades de celulose bacteriana, tiveram influência direta no índice de intumescimento. Os tratamentos com maiores teores de fécula de batata e celulose bacteriana, mantidos por 10, 30 e 60 minutos, demonstraram significância direta nos resultados do índice de intumescimento.

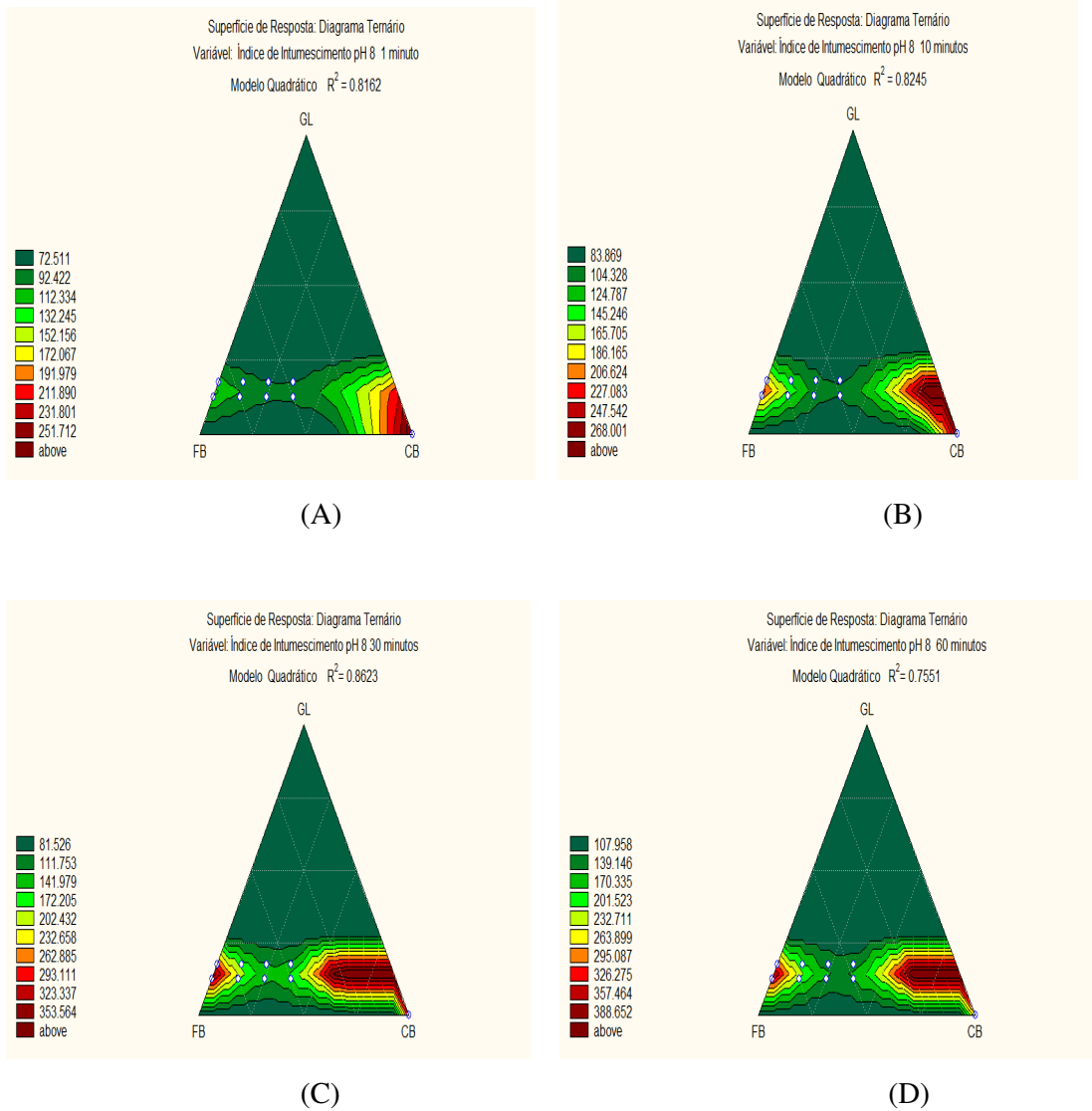


FIGURA 4.23 – DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 8,0 DURANTE OS TEMPOS: (A) 1 MINUTO; (B) 10 MINUTOS; (C) 30 MINUTOS; (D) 60 MINUTOS

Nota – FB = Fécula de batata; CB = Celulose bacteriana; GL = Glicerol

O modelo matemático que descreve o índice de intumescimento em pH 8,0, nos tempos 1, 10, 30 e 60 minutos, é definido pelas equações 20, 21, 22 e 23, respectivamente.

$$I_{\text{Int,pH 8 1 minuto}} = -34.013*x + 271.623*y - 3743.861*z - 422.493*x*y + 5553.114*x*z + 4154.513*y*z \quad (20)$$

$$I_{\text{Int,pH 8 10 minutos}} = +25.382*x + 261.046*y - 9530.514*z - 1056.217*x*y + 12679.491*x*z + 12270.464*y*z \quad (21)$$

$$I_{\text{Int,pH 8 30 minutos}} = -2129.044*x + 285.223*y - 70245.820*z - 2752.131*x*y + 99615.837*x*z + 88515.016*y*z \quad (22)$$

$$I_{\text{Int,pH 8 60 minutos}} = -1727.008*x + 260.696*y - 59262.304*z - 2506.183*x*y + 84157.885*x*z + 74746.407*y*z \quad (23)$$

Onde,

X = fécula de batata

Y = celulose bacteriana

Z = glicerol

4.3.4 Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) e permeabilidade ao vapor de água (PVA)

A taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre os tratamentos ao nível de confiança de 95%. No entanto, foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$), entre os tratamentos, nos valores da permeabilidade ao vapor de água (PVA), confirmadas pelo teste de Tukey (Tabela 4.20). O teste F corrobora com os valores de p, porém não apresentam significância estatística para fins preditivos para TPVA e PVA (Apêndice B - Tabela 4.21B)

TABELA 4.20 – RESULTADOS DA TPVA E PVA EM BIOFILMES DE COM FÉCULAS DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL

Tratamentos	Propriedades	
	TPVA (g H ₂ O. m ⁻² .dia ⁻¹)	PVA (g H ₂ O mm. m ⁻² .dia ⁻¹ .mmHg ⁻¹)
1	42,69±7,5	0,24 ^a ±7,4
2	38,40±2,4	0,18 ^c ±2,5
3	41,15±0,0	0,23 ^b ±0,0
4	36,58±6,6	0,19 ^{bc} ±6,7
5	42,60±5,8	0,22 ^{ab} ±5,7
6	38,40±8,3	0,16 ^c ±8,5
7	39,01±3,6	0,19 ^{bc} ±3,5
8	39,62±5,8	0,20 ^b ±5,8
9	38,71±1,4	0,06 ^d ±1,0

NOTA - Médias seguidas de mesma letra na coluna da PVA não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. São apresentados os valores médios das triplicatas e o respectivo desvio padrão.

A TPVA apresentou variação de 36,5 a 42,6 gH₂O.m⁻².dia⁻¹, entre os tratamentos formados por blendas, com diferença de 16,6%. A PVA variou de 0,16 a 0,24 gH₂O.mm. m⁻². dia⁻¹ mmHg⁻¹, com diferença de 50% entre os tratamentos (Tabela 4.19). Maiores valores de TPVA e PVA foi relatado por Yamashita et al. (2005), em filmes de amido de mandioca com variação na TPVA, de 494 a 785 g H₂O.m⁻².dia⁻¹ e de 0,58 a 0,92 gH₂O.mm.m⁻¹. dia⁻¹. Pa⁻¹, na PVA.

Os tratamentos apresentaram alta taxa de permeabilidade ao vapor de água, considerando os parâmetros apresentados por Garcia et al. (1989), ao mencionar materiais com alta e altíssima barreira ao vapor de água apresentam taxa de permeabilidade ao vapor de água menor que 8 g.m⁻².dia⁻¹ e 0,8 g.m⁻².dia⁻¹, respectivamente.

Com acréscimo na concentração de celulose bacteriana houve elevação da TPVA e PVA em 16,6% e 26,3%, em biofilmes com 12,5% de glicerol, respectivamente. Biofilmes com 17,5% de glicerol, os aumentos foram de 7,5% e 10%, na TPVA e PVA, respectivamente (Figura 4.24 e 4.25).

O aumento na concentração da fécula de batata promoveu redução na TPVA e PVA em 14,3% e 20,8%, em biofilmes com 12,5% de glicerol e, com 17,5% de glicerol a redução foi de 7% e 9,1%, respectivamente. Yamashita et al. (2005) observou menor TPVA com aumento no teor de amido de mandioca, em filmes biodegradáveis para aplicação em frutas e hortaliças minimamente processadas. Biofilmes com menor

permeabilidade ao vapor de água podem ser indicados para embalagem de alimentos com alta umidade, para evitar a desidratação da superfície, perda de peso, alterações físicas, químicas e organolépticas como em vegetais frescos, carnes, queijos (Debeaufort et al., 1998).

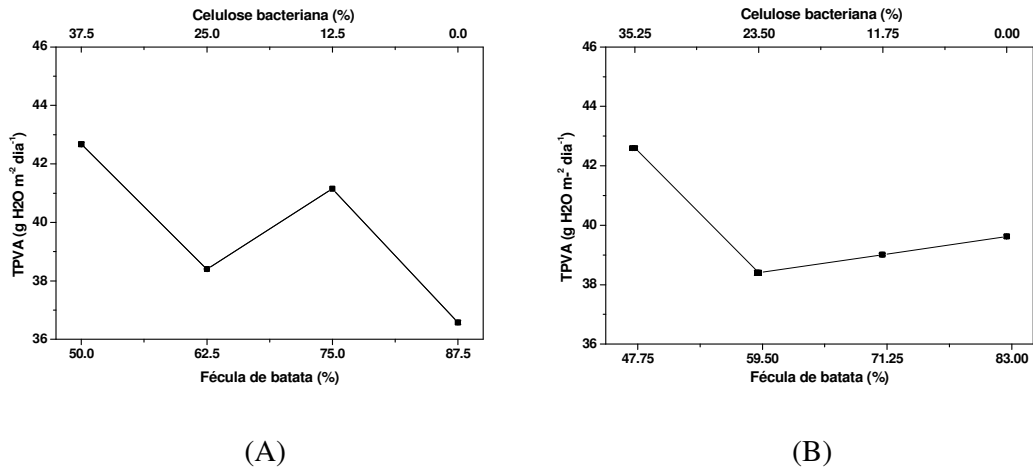


FIGURA 4.24 – INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA TPVA: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL

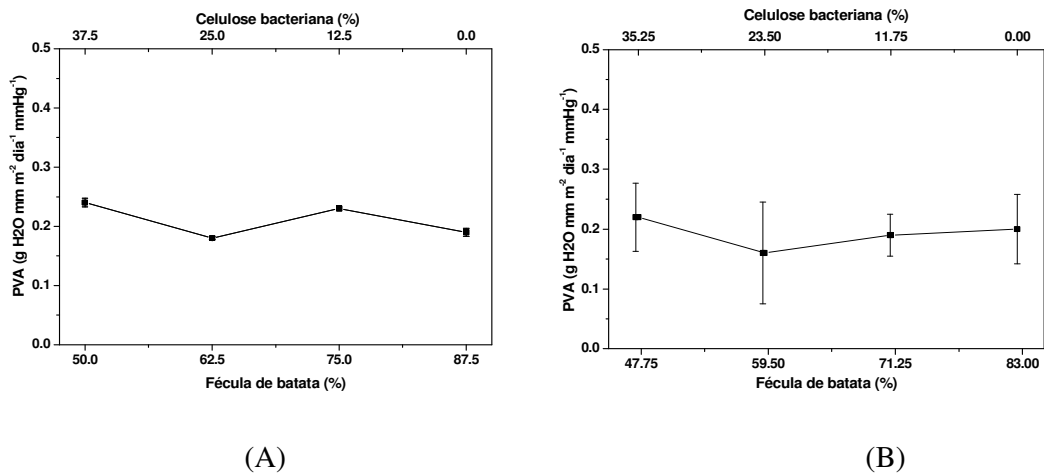


FIGURA 4.25 – INFLUÊNCIA DA FÉCULA DE BATATA E DA CELULOSE BACTERIANA NA PVA: (A) 12,5% DE GLICEROL; (B) 17,5% DE GLICEROL

Considerando os biofilmes sem e com celulose bacteriana, tratamentos 8^h e 9ⁱ, apresentaram redução de 2,3% e 70% na TPVA e PVA, respectivamente, com o aumento da celulose. Porém, entre os tratamentos 4^d e 9ⁱ, ocorreu aumento de 5,8% na TPVA e redução de 68,4% na PVA, respectivamente.

Estes resultados podem estar relacionados às características da celulose bacteriana, como a alta cristalinidade, devido ao diâmetro menor das suas microfibrilas, o que proporciona elevada capacidade de retenção e absorção de água e baixa capacidade de dessorção (Phisalaphong e Jatupaiboon, 2008; Czaja et al., 2006; Klemm et al., 2005; Chávez-Pacheco et al., 2004; Jonas e Farah, 1998; Vandamme et al., 1998; Saxena et al., 1994). Em filmes poliméricos a segunda etapa da permeabilidade está relacionada ao transporte do permeante através das regiões não-cristalinas dos polímeros ou por meio de espaços vazios formados pela movimentação da cadeia polimérica (Feldman, 2001). Dessa forma, a celulose bacteriana apresenta-se menos eficaz no processo da dessorção do permeante no lado oposto do filme.

Teoricamente, segundo a lei de difusão de Fick, e a lei de sorção de Henry, a taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) varia com o inverso da espessura do filme, e a permeabilidade ao vapor de água deve variar com a espessura (Chen, 1995; Cuq et al., 1996). Neste trabalho tanto a TPVA quanto a PVA variaram conforme a espessura. Segundo Park e Chinnan (1995), as razões desse comportamento estão relacionadas com as possíveis mudanças estruturais da matriz do filme. Esse mesmo comportamento foi observado nos trabalhos de Sobral (2000), Martin-Polo et al. (1992) e Cuq et al. (1996), que trabalharam com espessuras entre 0,050 mm a 0,140 mm e 0,010 mm a 0,055 mm, respectivamente.

Em filmes hidrofílicos, a PVA é diretamente proporcional à espessura, como são reportados por Swartzberg (1986); Mchugh et al. (1993); Cuq et al. (1996); Sobral (2000); Mali et al. (2004).

Na análise de variância (Apêndice B – Tabela 4.22B) os valores dos coeficientes da regressão mostraram que, entre os componentes do biofilme, a celulose bacteriana e as interações da fécula de batata e da celulose bacteriana com o glicerol contribuíram significativamente ($p \leq 0,05$) nos resultados da PVA (Figura 4.26). Esse fato pode ter ocorrido quando esses componentes aumentaram a habilidade de hidratação do biofilme

^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

formado, devido ao grande número de hidroxilas livres que reforçam as interações com a água, favorecendo sua propagação e transmissão.

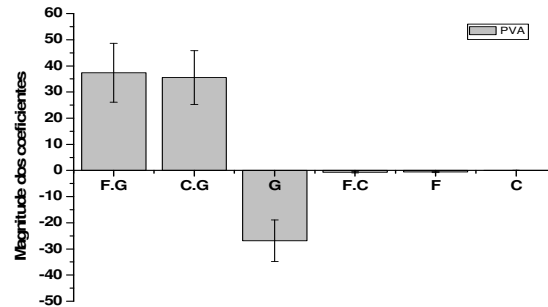


FIGURA 4.26 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A PVA

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

Por meio do diagrama ternário pode-se observar que os tratamentos, com maiores quantidades de fécula de batata e glicerol apresentaram maior influência nos resultados da TPVA e, na PVA os componentes fécula de batata e celulose bacteriana tiveram maior significância (Figura 4.27).

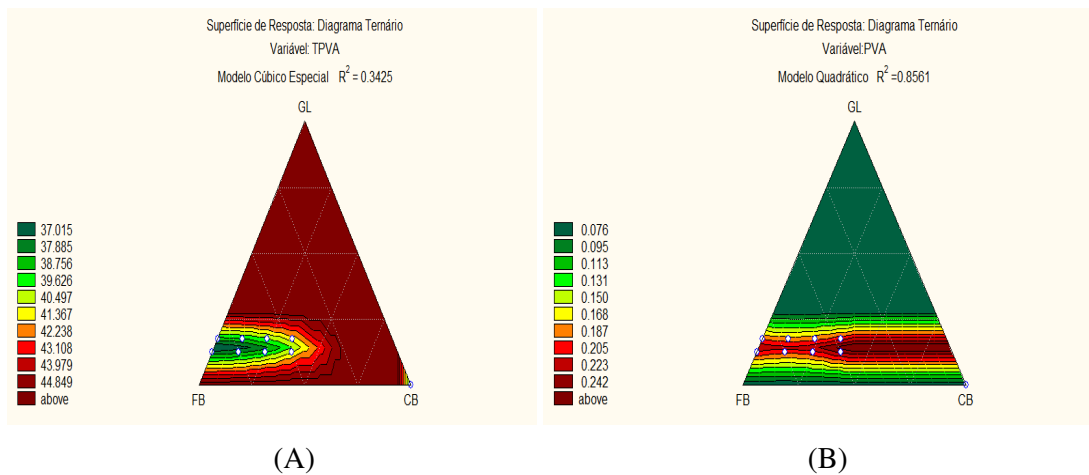


FIGURA 4.27 – DIAGRAMA TERNÁRIO: INFLUENCIA DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A TPVA E PVA: (A) TPVA; (B) PVA

Nota – FB = Fécula de batata; CB = Celulose bacteriana; GL = Glicerol

O modelo matemático que descreve a TPVA e PVA é definido pelas equações 24 e 25, respectivamente.

$$TPVA = +109.353*x + 38.706*y + 2669.666*z + 210.437*x*y + 3584.908*x*z - 2939.667*y*z - 1644.674*x*y*z \quad (24)$$

$$PVA = -0.601982*x + 0.058333*y - 26.850917*z + 0.682653*x*y + 37.360146*x*z + 35.554899*y*z \quad (25)$$

Onde,

X = fécula de batata

Y = celulose bacteriana

Z = glicerol

4.3.5 Isoterma de adsorção de água

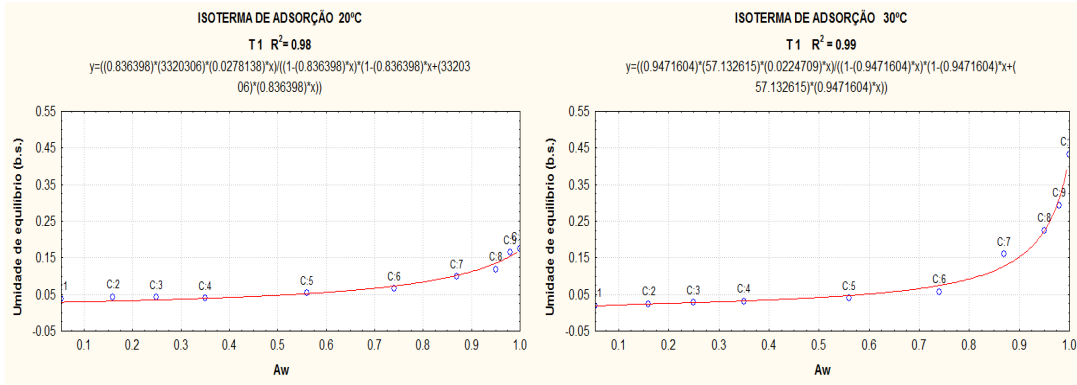
As isotermas de adsorção de umidade descrevem a relação entre o conteúdo de umidade de equilíbrio do biofilme em relação a sua atividade de água em determinada temperatura. As isotermas forneceram informações sobre a hidrofiliicidade dos biofilmes sob diferentes valores de umidade relativa, entre 5,3% a 100%. O modelo de Guggenheim – Anderson - de Boer (GAB) foi utilizado para representar as isotermas de sorção de água e forneceu altos coeficientes de correlação, indicando significativa a representação dos dados (Tabela 4.23).

TABELA 4.23 – PARÂMETRO DE AJUSTE DO MODELO GAB PARA AS ISOTERMAS DE ADSORÇÃO A ÁGUA DOS TRATAMENTOS NAS TEMPERATURAS DE 20°C E 30°C E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²)

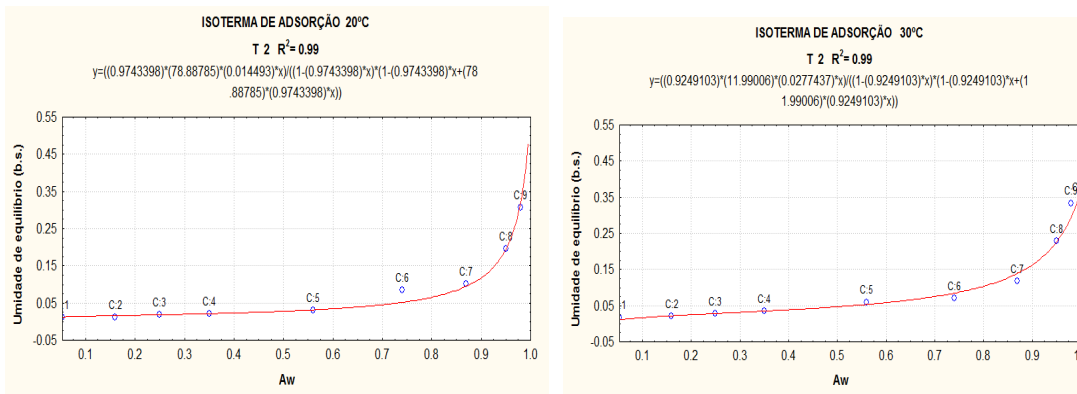
Tr	T	Parâmetros		R ²
		X _m	K	
1	20°C	0,0147±0,011	0,9345±0,103	0,98
	30°C	0,0378±0,011	0,9229±0,022	0,99
2	20°C	0,0242±0,011	0,9448±0,025	0,99
	30°C	0,0393±0,011	0,9044±0,018	0,99
3	20°C	0,0545±0,011	0,9175±0,002	0,99
	30°C	0,0770±0,04	0,7596±0,083	0,99
4	20°C	0,01770±0,02	0,9066±0,005	0,98
	30°C	0,02056±0,05	0,9200±0,002	0,97
5	20°C	0,0416±0,02	0,9261±0,029	0,99
	30°C	0,0409±0,001	0,9098±0,001	0,98
6	20°C	0,0318±0,001	0,9271±0,004	0,99
	30°C	0,0436±0,001	0,8941±0,003	0,99
7	20°C	0,0265±0,0005	0,9397±0,001	0,99
	30°C	0,0381±0,011	0,9053±0,020	0,99
8	20°C	0,0272±0,001	0,9369±0,005	0,98
	30°C	0,0594± 1E-05	0,8870±5,3E-05	0,99
9	20°C	0,0373±0,034	0,9096±0,065	0,99
	30°C	0,0837±0,065	0,8244±0,073	0,99

NOTA - Tr = tratamentos; T = temperatura; X_m = umidade na monocamada (g de água/100 g⁻¹ de matéria seca); K = constante relacionada à energia de interação das moléculas adsorvidas na multicamada. São apresentados as médias das triplicatas e respectivo desvio padrão.

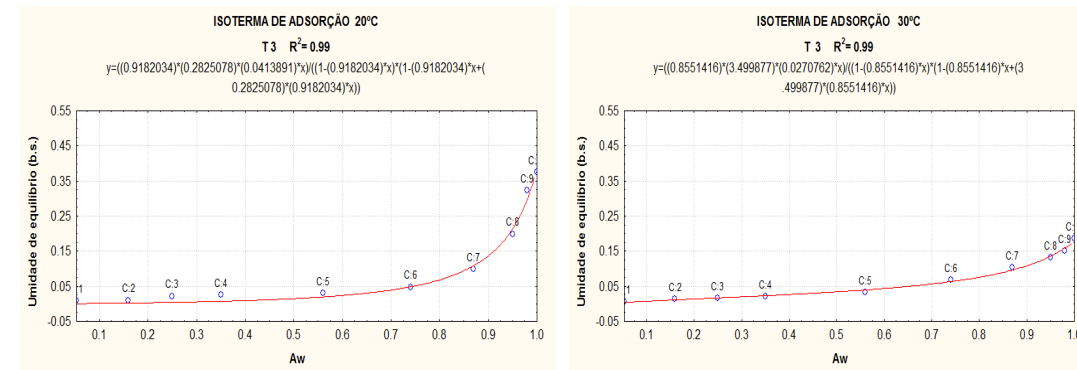
Todas as isotermas apresentaram o mesmo perfil, isotermas do tipo III, de acordo com classificação da *International Union of Pure and Applied Chemistry* -IUPAQ (1985) (Figura 4.28). Segundo Ordóñez (2005), as curvas que apresentam uma zona mais plana na sua primeira parte, ou seja, em formato de J, são típicas de alimentos com grande quantidade de açúcar e solutos e, que têm pouca adsorção por capilaridade.



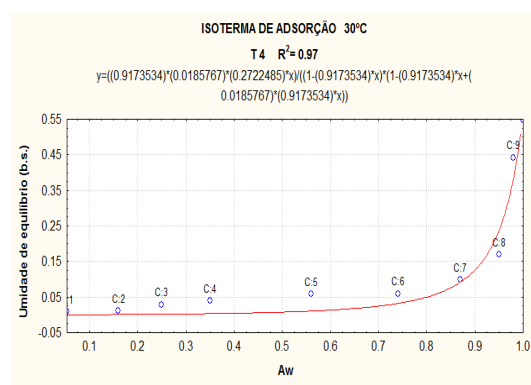
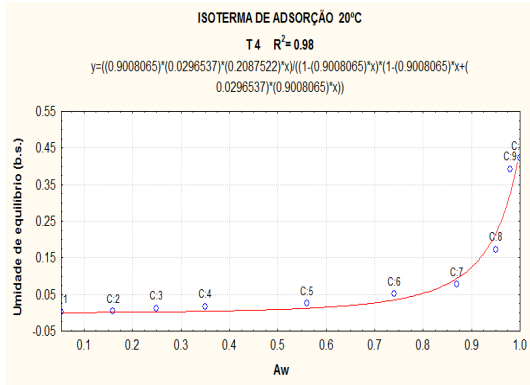
T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL)



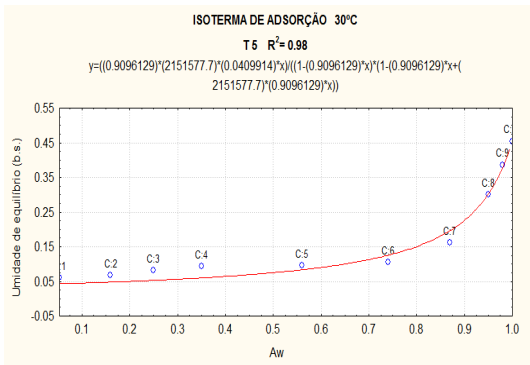
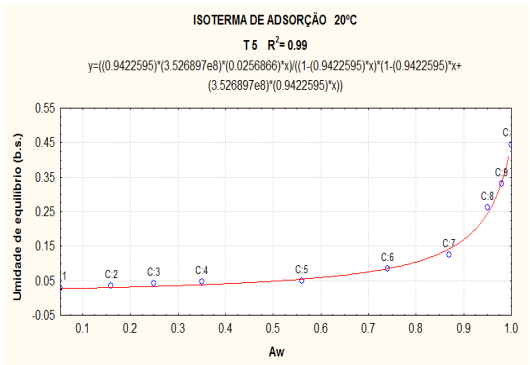
T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL)



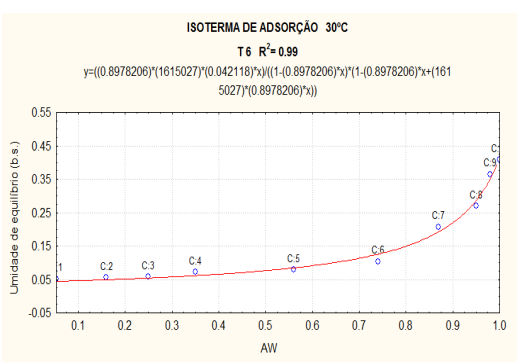
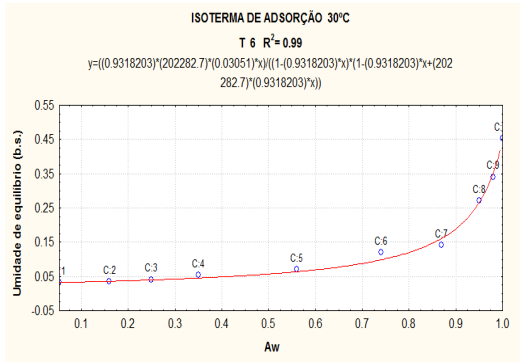
T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL)



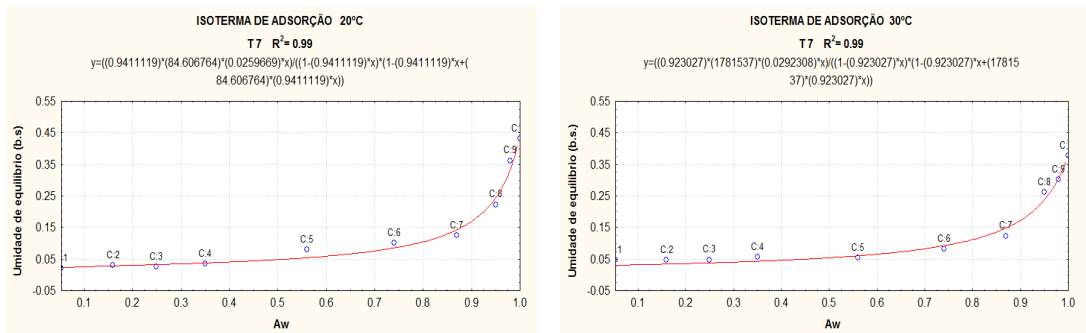
T4 (87,5% FB, 0% CB, 12,5% GL)



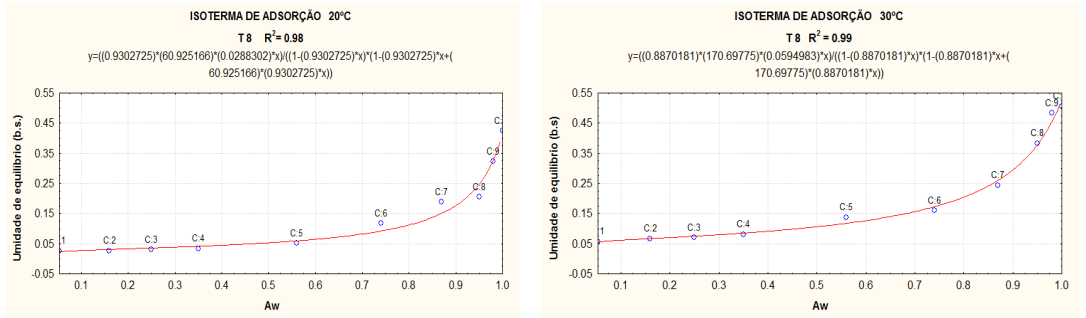
T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL)



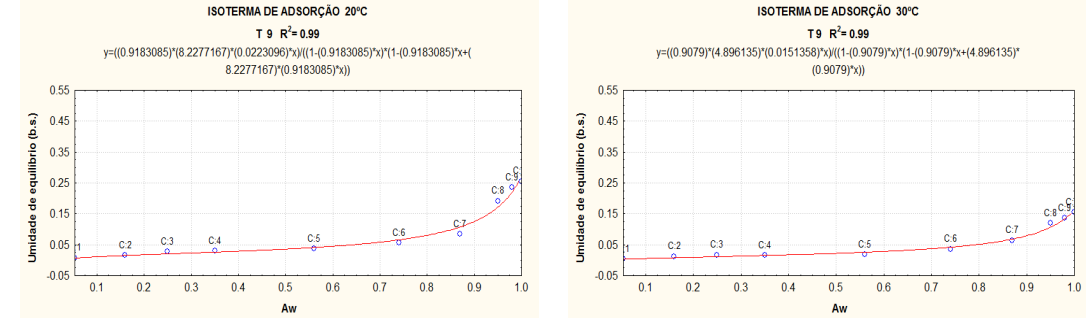
T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL)



T7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL)



T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL)



T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL)

FIGURA 4.28 – ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DE ÁGUA EM BIOFILMES COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES, SUBMETIDOS A TEMPERATURAS DE 20°C E 30°C, AJUSTADAS PELO MODELO MATEMÁTICO DE GAB

NOTA: FB – Fécula de batata; CB – Celulose bacteriana; GL – Glicerol.

Os biofilmes com maior concentração de glicerol (17,5%), tratamentos 5^e, 6^f, 7^g e 8^h, se mostraram mais hidrofílicos. O que pode ser explicado pela composição de sua molécula, com 3 carbonos ligados a 3 hidroxilas, isso proporciona maior capacidade de interação com as moléculas de amido e celulose, dando maior mobilidade às cadeias formadoras da matriz do biofilme. Em todos os tratamentos, a umidade de equilíbrio diminuiu com o aumento da temperatura e com a redução da atividade de água. Também foi observado que para temperatura constante, as umidades de equilíbrio aumentaram com o aumento da atividade de água.

Considerando as temperaturas 20°C e 30°C, o ponto crítico das isotermas (Figura 4.28) foi observado nas atividades de água: tratamento 1^a e 2^b 0,95 e 0,87, tratamento 3^c e 4^d 0,87 e 0,87, tratamento 5^e e 6^f 0,87 e 0,74, tratamento 7^g 0,87 e 0,87, tratamento 8^h 0,97 e 0,74, tratamento 9ⁱ 0,87 e 0,95, respectivamente. O ponto crítico de uma isoterma determina o limite da atividade de água e da umidade de equilíbrio, que acima do qual o produto acelera as suas transformações (Moura e Germer, 2004).

O valor da monocamada (X_m) indica a quantidade máxima de água por grama de biofilme seco, que pode ser adsorvida em uma única camada e, é uma medida do número de sítios de adsorção (Jensen et al., 2009). O valor máximo e mínimo da monocamada a 20°C foi de 0,054 e 0,0147g de água. g⁻¹ de sólidos, nos tratamentos 3^c e 1^a, respectivamente. A 30°C foi verificada valor máximo e mínimo de 0,083 a 0,0205g de água.g⁻¹ de sólidos, nos tratamentos 9ⁱ e 4^d, respectivamente.

Os valores da umidade da monocamada (X_m) aumentaram com a temperatura. Foi observado aumento de X_m , à medida que se reduziu a concentração de celulose bacteriana, em biofilmes com 12,5% de glicerol, em temperatura de 20°C. Efeito contrário foi verificado em biofilmes com 17,5% de glicerol. Em temperatura de 30°C, também ocorreu aumento de X_m , com a redução da celulose bacteriana, entre os tratamentos formados por blendas. A equação de GAB indica que o valor de umidade correspondente à monocamada

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0%FB, 100% CB, 0% GL).

em gramas de água/100g massa seca, e poderá ser usado como referência para o teor de umidade crítica, para manter a estabilidade do produto durante o armazenamento nas temperaturas analisadas (Labuza, 1985).

O parâmetro K está relacionado à energia de interação das moléculas adsorvidas na multicamada para filmes, e segundo Coupland et al. (2000) é independente da formulação. Os biofilmes tiveram valores de K menores que 1, entre 0,75 a 0,97. Tem-se uma diminuição desse parâmetro com o aumento da temperatura, fato também observado neste trabalho, com exceção do tratamento 4^d. Comportamento inverso foi verificado no parâmetro X_m . Valores de K menores que 1,0 são características de produtos alimentícios, indicando que a isoterma tende a uma assíntota em atividade igual a 1,0 (Fernandez, 1995).

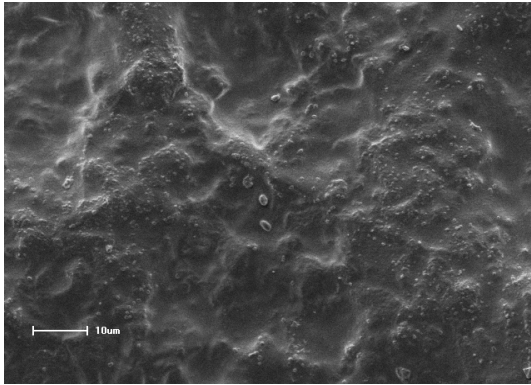
A energia de interação das moléculas de água adsorvidas na monocamada dos biofilmes, parâmetro C, em geral varia muito entre os tratamentos de uma mesma composição, como foi observado neste trabalho, e razão pela qual é pouco discutida pela literatura e não mencionado neste trabalho. A grande variação está relacionada com a primeira curvatura da forma sigmóide que caracteriza o modelo de GAB. Desta forma, este parâmetro não foi apresentado neste trabalho.

4.3.6 Análise estrutural dos biofilmes por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

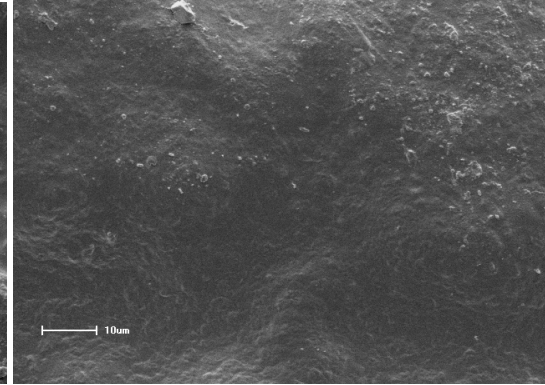
A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma ferramenta que permite a obtenção de informações estruturais das amostras, tais como a homogeneidade ou a presença de rupturas e falhas. A presença de falhas pode afetar as propriedades mecânicas do material.

As análises foram realizadas nas superfícies dos biofilmes e mostraram entre os biofilmes formados por blendas, uma matriz coesa, porém, irregular com presença de partículas insolúveis, provavelmente causada pela presença da celulose bacteriana (Figura 4.29).

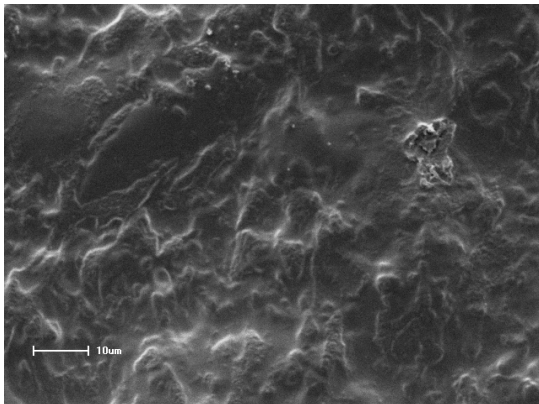
^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL)



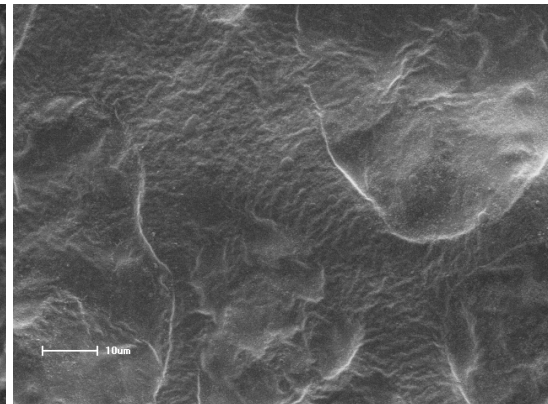
T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL);



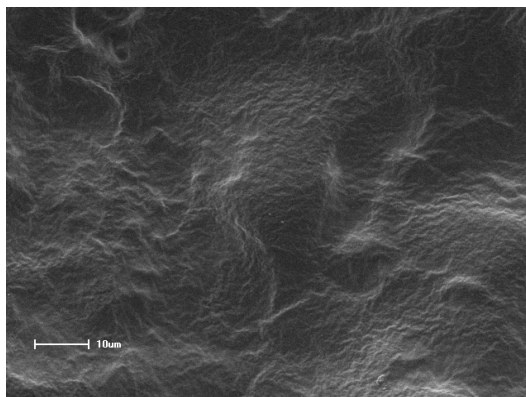
T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL)



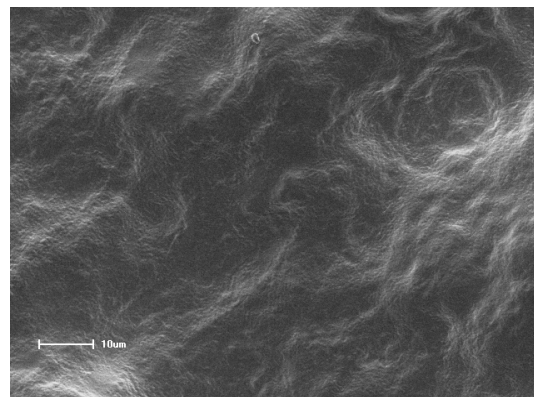
T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL)



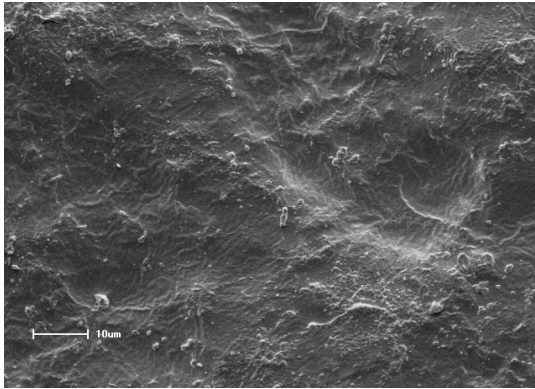
T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL)



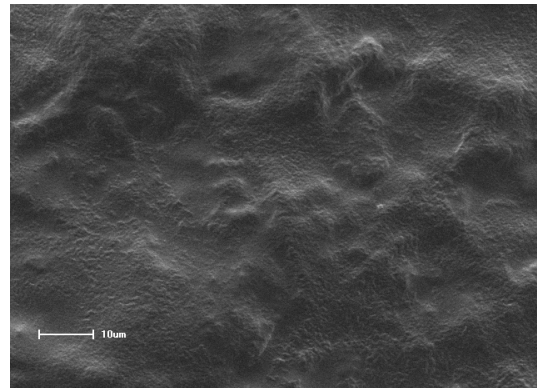
T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL)



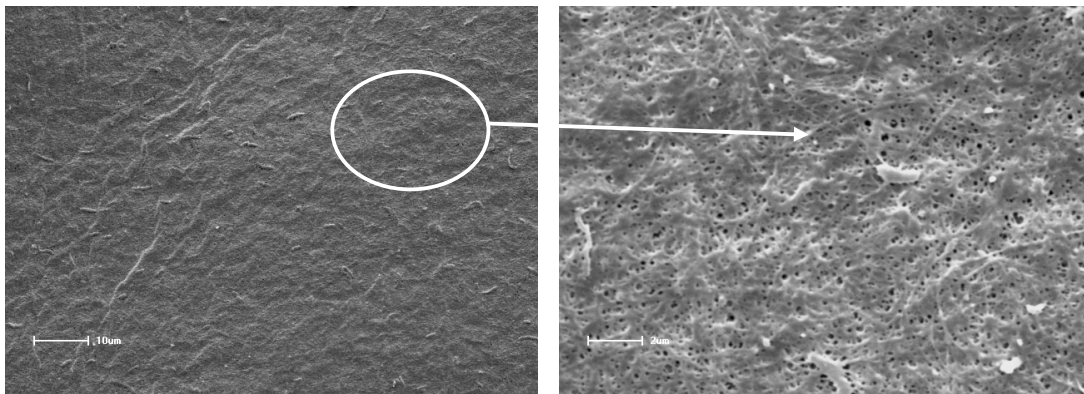
T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL)



T7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL)



T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL)



T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL)

FIGURA 4.29 – MICROGRAFIAS DOS BIOFILMES OBTIDAS POR MEIO DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

NOTA: FB – Fécula de batata; CB – Celulose bacteriana; GL – Glicerol

De acordo com as micrografias, foi observado que as fibras de celulose bacteriana ficaram cimentadas, formada pela mistura com a fécula de batata. Esse efeito foi relatado por Müller (2007) adicionando fibras de celulose em filme de amido de mandioca. Dias (2008) também verificou essa característica em filmes de farinha de arroz com fibras de celulose. Segundo Mali et al. (2002) a homogeneidade da matriz de um filme é um bom indicador da integridade de sua estrutura, bem como de suas propriedades mecânicas. Bertan (2003), Yang e Paulson (2000), trabalhando com blendas, observaram irregularidades semelhantes quando foram adicionados ácidos graxos em filmes de gelatina e gelana, respectivamente. Tanada-Palmu et al. (2002) ao investigarem a morfologia dos

filmes à base de derivados de celulose, observaram uma organização descontínua da matriz. Batista et al. (2005) observaram em filmes de pectina adicionado de ácidos graxos, matriz filmogênica irregular. Miranda (2004) ao produzir filmes de N-carboximetil (NCMQ) e quitosana verificou uma camada lisa e densa. Porém o filme de quitosana mostrou uma superfície menos uniforme, irregular quando comparado ao de NCMQ, e homogêneo. Zhou et al. (2007) ao produzirem blendas de celulose bacteriana com alginato observaram uma rede com muitos poros e com partículas de alginato também na superfície.

O tratamento 9ⁱ apresentou estrutura típica, com matriz densa, reticulada, porosa e sugerindo várias camadas (Figura 4.29), conforme descrito por Watanabe et al. (1998), Bielecki et al. (2005), Yan et al. (2008), Wan et al. (2009).

4.3.7 Análise da interação dos componentes do biofilme por espectroscopia de infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).

A maior parte da energia das vibrações moleculares está localizada na região do infravermelho do espectro eletromagnético. Os átomos ou grupos funcionais têm vibrações características, o que possibilita a sua identificação. A espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier foi utilizada para detectar mudanças nas estruturas dos biofilmes formados por blendas e avaliar as possíveis interações entre os biopolímeros utilizados na composição.

O espectro do tratamento 9ⁱ mostra picos entre 935 a 1067 cm⁻¹, e corresponde a ligação C-O, atribuídos a alcoóis primários. A banda de 1135 cm⁻¹ é atribuída à ligação C-O-C alongamento assimétrico, e o pico 1443 e 1461 cm⁻¹ à deformação axial CH₂. A banda de 2930, 35 cm⁻¹ corresponde à deformação axial de CH. A banda presente entre 3572 e 3459 cm⁻¹ corresponde à deformação axial de O-H, modo de estiramento dos grupos alcoólicos. Também foi observado nas regiões entre 700 e 760 cm⁻¹ as formas cristalinas da forma β e α, típicas da celulose bacteriana (Figura 4.30).

ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

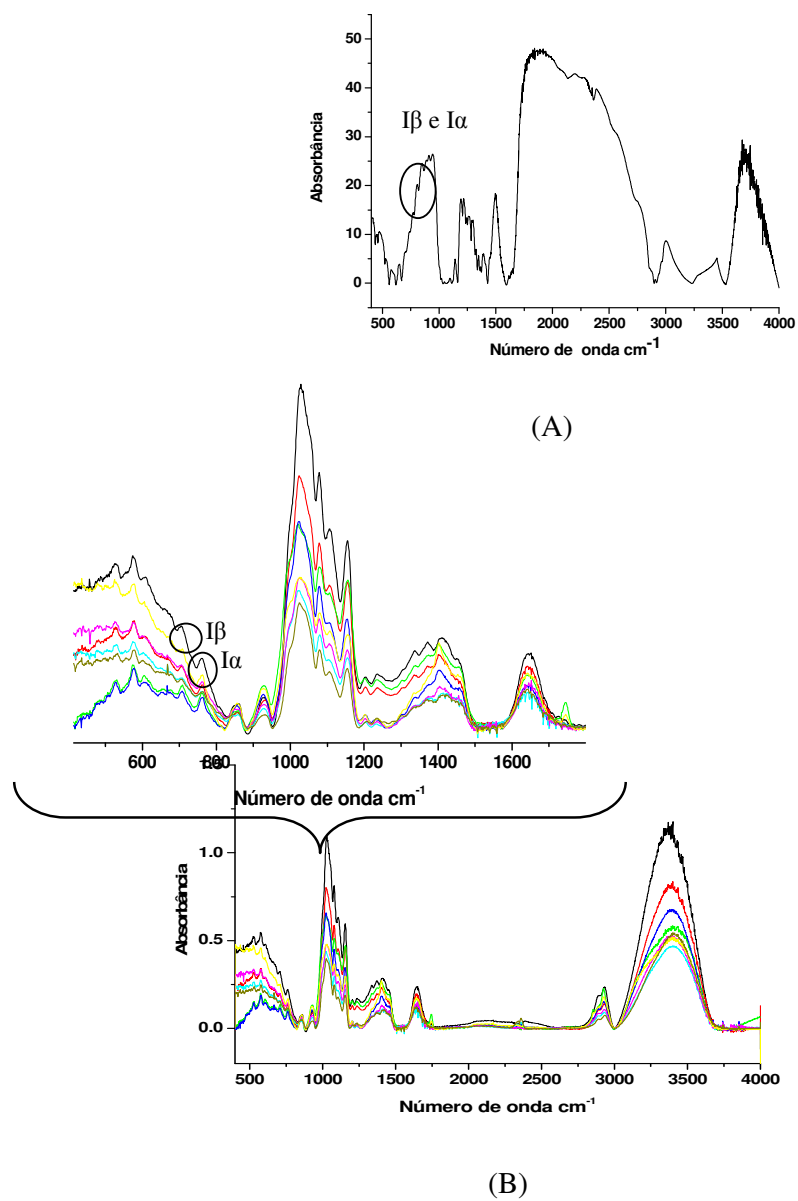


FIGURA 4.30 – ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER

NOTA - (A) celulose bacteriana; (B) biofilmes formados por blenda (— T1; — T2; — T3; — T4; — T5; — T6; — T7; — T8).

As formas cristalinas I α e I β também foram detectadas nas blendas de celulose bacteriana e fécula de batata, mas com intensidade reduzida, indicando haver interação entre os componentes. Nos tratamentos 1^a, 2^b, 3^c, 5^e, 6^f e 7^g as bandas I β e I α foram observadas em 706,79 e 760,79 cm⁻¹, 705,83 e 760,79 cm⁻¹, 702,94 e 762,72 cm⁻¹, 703,90 e 762,72 cm⁻¹, 705,83 e 761,76 cm⁻¹ e 707,76 e 762,72 cm⁻¹, respectivamente.

Os tratamentos 4^d e 8^h, com ausência de celulose bacteriana, não mostraram as bandas com formas cristalinas (Figura 4.31A e B)

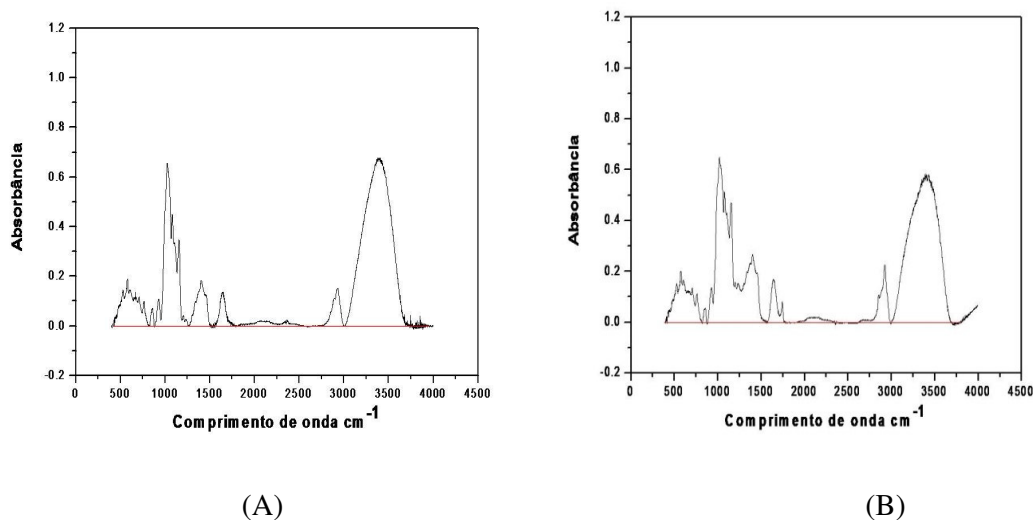


FIGURA 4.31 – ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER EM TRATAMENTOS SEM CELULOSE BACTERIANA

NOTA – Tratamento 4 (A) e 8 (B)

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL).

Os espectros dos biofilmes formados por blendas de fécula de batata e celulose bacteriana mostram interação entre os componentes (Figura 4.30b). Os tratamentos com maior concentração de glicerol, tratamentos 5^e, 6^f, 7^g e 8^h apresentaram menor intensidade nas vibrações.

Observação similar foi verificada por Phisalaphong e Jatupaiboon (2008), e Yin et al. (2006), na interação de celulose bacteriana e quitosana e, de quitosana com dois ésteres de celulose – hidroxipropilmetilcelulose e metilcelulose, respectivamente. Li et al. (2009) também observou interação significativa entre celulose bacteriana e nanopartículas de cádmio (Cd⁺²).

4. 3.8 Análise dos Componentes Principais – PCA

Os dados analisados por métodos quimiométrico, como análise dos componentes principais (PCA), permitiu uma avaliação global de todos os dados e tratamentos ao mesmo tempo, discriminando-os pelas suas similaridades e/ou diferenças.

A PCA é o processamento matemático de um conjunto de dados com o objetivo de representar as variações presentes. O objetivo é descrever as distâncias entre pontos (espalhamento ou variação) usando poucos eixos ou dimensões. Isto é efetuado pela construção dos eixos dos componentes principais que se alinha com os dados.

A PCA foi construída a partir de uma matriz de dados de 9 x 15, ou seja, 9 tratamentos e 15 propriedades. A PCA mostrou que com seis componentes principais foi possível obter 99,21% de informação, sendo 50,68% da variância total descrita pela primeira componente principal (PC1) e 28,37% por PC2 a segunda componente. Verificase que houve discriminação nas composições dos biofilmes, como mostra os gráficos de dispersão de componentes principais (CP) 1 e 2 (Figura 4.32 A e B).

O gráfico dos escores (Figura 4.32A) mostra que as composições se distribuem em três grupos em função da concentração de celulose bacteriana e da fécula de batata, e se nomeia da direita para a esquerda em grupo A, B e C. A segunda componente principal (CP2) com escores negativos está relacionada com amostras com concentração maior de

^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL);

celulose bacteriana e menor de fécula de batata, enquanto que os escores positivos apresentam concentração inversa. Ao comparar com o gráfico dos pesos (Figura 4.32B) pode ser observado que as propriedades opacidade, índice de intumescimento pH 1,8 e 8,0 (1 minuto) e TPVA são afetadas de forma direta pela concentração de celulose bacteriana e, com menor influência nas propriedades densidade, espessura, gramatura, solubilidade, índice de intumescimento pH 1,8 e 8 (10, 30 e 60 minutos) e PVA. Isso corrobora com os resultados apresentados nas seções anteriores.

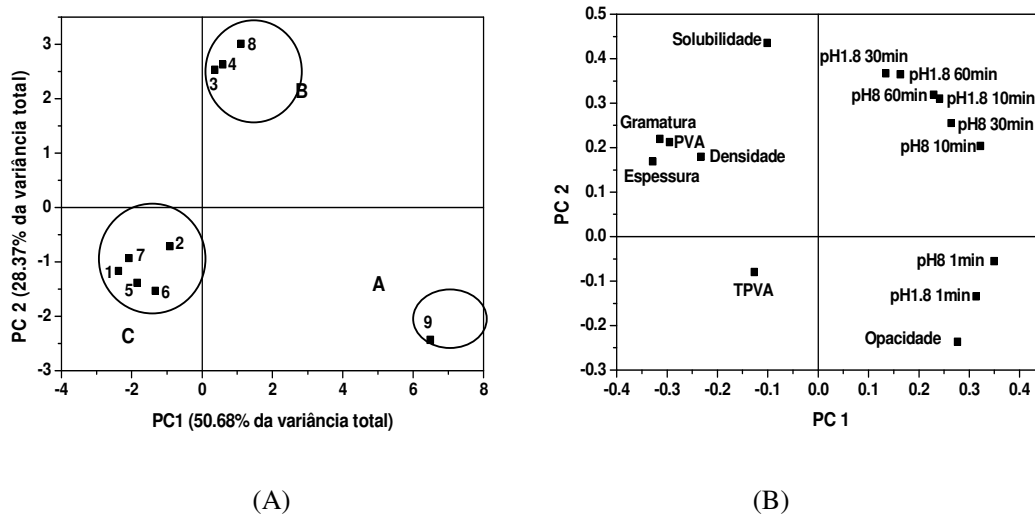


FIGURA 4.32 - ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA): (A) GRÁFICO DOS ESCORES; (B) GRÁFICO DOS PESOS

A composição do grupo A mostram opacidade e índice de intumescimento em pH 1,8 e 8,0 (1 minuto) maior que os outros grupos, por apresentar elevada concentração de celulose bacteriana (componente altamente higroscópico) em relação a fécula de batata, em maior quantidade no grupo B.

O grupo B se destaca pela baixa concentração (tratamento 3^c) e até ausência de celulose bacteriana nas composições 4^d e 8^h, que possibilitou maior influência no índice de intumescimento em pH 1,8 e 8,0 (10, 30 e 60 minutos). Este grupo também interfere, em

^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL).

menor nível, na densidade, espessura, gramatura, solubilidade e PVA. A densidade e gramatura tiveram maior influência no grupo B, caracterizado pela menor densidade da celulose bacteriana e como consequência menor massa, ou seja, menor teor de matéria seca, em relação à fécula de batata.

O grupo C apresenta composição com concentração intermediária de celulose bacteriana e, a interação com a fécula de batata proporciona influência direta nas propriedades TPVA, e mostra influência menor nas propriedades espessura, densidade, PVA, gramatura e solubilidade. As propriedades opacidade de índice de intumescimento pH 1,8 e 8,0 (1 minuto) sofreram menor influência do grupo C.

4.4 CONCLUSÃO

A produção de biofilmes formados por blenda de fécula de batata, celulose bacteriana e glicerol pode ser feita pelo método de mistura, configurando uma matriz coesa, porém com grânulos, provavelmente pela presença de celulose bacteriana.

Biofilmes densos e com maior gramatura foram verificados nas composições com maior concentração de fécula de batata, e menor teor de celulose bacteriana e glicerol. Biofilmes espessos foram observados com maior concentração de celulose bacteriana e menor teor de fécula de batata e glicerol. As maiores opacidades, solubilidades e umidades foram verificadas, em biofilmes com maior concentração de fécula de batata e glicerol e, menor teor de celulose bacteriana. A taxa de permeabilidade ao vapor de água e permeabilidade ao vapor de água foi significativa em biofilmes com maior teor de celulose bacteriana e glicerol e, menor concentração de fécula de batata.

A celulose bacteriana promoveu, nos biofilmes, um índice de intumescimento mais rápido no primeiro minuto e com o passar do tempo torna-se mais lento, tanto em pH ácido quanto alcalino, configurando elevada capacidade de retenção e absorção de água, e baixa dessorção. O índice de intumescimento foi maior em pH ácido, em todas as composições analisadas.

Os resultados das isotermas de adsorção indicaram que, biofilmes com maior concentração de glicerol são mais hidrofílicos. Em todos os tratamentos a umidade de equilíbrio diminuiu com o aumento da temperatura e com a redução da atividade de água e, em temperatura constante o processo foi contrário. O acréscimo na umidade da

monocamada foi observada em maior temperatura, porém reduziu com a elevação da concentração de celulose bacteriana. A energia de interação das moléculas adsorvidas nas multicamadas dos biofilmes foi reduzida com a ampliação da temperatura.

Os espectros do infravermelho (FTIR) nos biofilmes formados por blendas de fécula de batata e celulose bacteriana mostram as formas cristalinas I α e I β , característica da celulose bacteriana, indicando haver interação entre os componentes. Os tratamentos com maior concentração de glicerol apresentaram menor intensidade nas vibrações.

A análise dos componentes principais demonstrou que, entre os biofilmes, a opacidade, índice de intumescimento pH 1,8 e 8,0 (1 minuto), TPVA, densidade, espessura, gramatura são afetadas diretamente pela concentração da celulose bacteriana. A solubilidade, o índice de intumescimento pH 1,8 e 8,0 (10, 30 e 60 minutos) e PVA tiveram maior influência da fécula de batata.

A seleção da concentração ideal na formulação do biofilme, requeridas para determinadas propriedades, depende do uso específico e da técnica de aplicação. Com as características apresentadas neste trabalho, pode potencialmente estimular vários campos de aplicação como, a área de embalagens para indústria alimentícia, como cobertura em alimentos, naqueles que necessitem a manutenção da umidade e que requeiram cuidados mecânicos durante a manipulação.

CAPÍTULO V

APLICAÇÃO DE BIOFILME DE BLENDAS DE FÉCULA DE BATATA E CELULOSE BACTERIANA NA CONSERVAÇÃO DE MORANGOS

5.1 INTRODUÇÃO

O morango é produzido e apreciado nas mais variadas regiões do mundo, sendo a espécie de maior expressão econômica entre as pequenas frutas (Oliveira e Scivittaro, 2006). Devido à sua susceptibilidade, demanda muita mão-de-obra, em torno de cinco pessoas por hectare produtivo, sendo uma cultura de importância sócio econômica (Madail, 2008; Castro et al., 2003; Balbino et al., 2004).

Sua coloração, sabor e aroma característicos, fazem com que sejam aceitos pelo mercado consumidor (Malgarim et al., 2006; Prasanna et al., 2007; Gimenez et al., 2008), porém, por seu tecido delicado torna-se extremamente perecível e após a colheita apresentam alta atividade fisiológica, com desidratação e deterioração progressiva. Sua atividade de água favorece o crescimento de bactérias e fungos com perdas da qualidade do aroma e textura. Em função desta alta perecibilidade, a conservação pós-colheita é complexa, tornando a comercialização, um desafio. A velocidade do metabolismo leva o pseudofruto a um período de senescência e a perda da qualidade (Garcia et al., 1998).

A qualidade em produtos hortícolas abrange propriedades sensoriais (aparência, textura, sabor e aroma), valores nutricionais, constituintes químicos, propriedades mecânicas e funcionais, e defeitos. As principais características relatadas para a qualidade da maturação do morango são textura, sabor (dulçor e ácidos orgânicos) e coloração

(Cordenunsi et al., 2003; Pelayo et al., 2003; Mitcham et al., 2004). São vários os fatores que podem interferir nos atributos de qualidade nos morangos pós-colheita, como estágio de maturação, temperatura de armazenamento, taxa respiratória, textura, pH, a concentração da acidez, dos sólidos solúveis, da carga microbiana, dos compostos fenólicos, das antocianinas, dos antioxidantes, entre outros.

A temperatura é considerada o fator ambiental mais importante na conservação de frutas e hortaliças, uma vez que afeta diretamente os processos naturais de respiração, transpiração e outros aspectos fisiológicos. A cada 10°C de aumento na temperatura do ambiente há um aumento de duas a três vezes na velocidade de deterioração dos produtos e, conseqüentemente, na redução do tempo de vida útil ou de conservação (Cortez et al., 2002). Cantillano (2008) indica que a 0°C e 90% a 95% de umidade relativa (UR), o morango pode ser conservado por 3-4 dias.

Morangos apresentam alta taxa respiratória que aumenta de 4 a 5 vezes quando a temperatura se eleva 10°C e o pseudofruto amadurece (Cantillano et al., 2003).

A firmeza da polpa consiste no resultado das transformações na estrutura celular, da coesão das células e de alterações bioquímicas e, pode sofrer variações em função da cultivar, das condições climáticas, grau de maturação e tamanho do fruto (Chitarra e Chitarra, 2005). Ela constitui no principal fator que determina a qualidade do morango e sua vida pós-colheita (Cantillano et al., 2003).

O pH tem efeito na estabilidade das antocianinas e na expressão da coloração dos frutos, particularmente em solução aquosa e, por tratamentos com atmosferas controladas (Holcroft e Kader, 1999). A manutenção da cor dos morangos durante o armazenamento é um atributo de qualidade desejado, pois o escurecimento compromete seu aspecto visual e, portanto, sua aceitação pelo consumidor (Conti et al., 2002). Com o amadurecimento, os morangos perdem rapidamente a acidez, mas em alguns casos, há um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação e, pode ser utilizado em conjunto com o teor de sólidos solúveis como ponto de referência para o grau de maturação (Chitarra e Chitarra, 2005).

Os inconvenientes sinais da deterioração de morangos por microrganismos são óbice para o comércio que demanda por produtos seguro (Costa et al., 2006). Com a mudança dos hábitos alimentares e com a exigência maior de qualidade por parte dos consumidores, começa haver maior necessidade de melhorias na qualidade dos morangos, como também para redução das perdas na cadeia produtiva (Margarim et al., 2006).

A senescência, pós-colheita, de frutas é normalmente retardada pelo armazenamento em baixas temperaturas, em atmosferas modificadas ou pela utilização de tratamentos que reduzam o metabolismo do produto e a deterioração por microrganismos. Outros fatores também podem aumentar o valor agregado, conseqüentemente, a competitividade do produto, como a tecnologia do processamento mínimo (Moretti et al., 2007) e as coberturas comestíveis (Vargas et al., 2006).

A demanda dos consumidores por alimentos frescos e convenientes tem aumentado muito nas últimas décadas (Santana, 2008). Neste cenário surgem os alimentos processados minimamente, que unem a praticidade e a conveniência, proporcionando uma economia de tempo no preparo dos alimentos (Garcia, 2009; Santana, 2008).

Os produtos minimamente processados de frutas e hortaliças correspondem à ampla variedade de órgãos vegetais que foram submetidos a algum tipo de modificação em sua condição natural, mas devem ser semelhantes ao produto fresco sem perder suas qualidades nutricionais e com vida de prateleira suficiente para sua distribuição até o consumo. São conhecidos como produtos levemente processados, parcialmente processados, processados frescos, cortados frescos ou pré-preparados (Vitti, 2003).

Frutas e hortaliças processadas minimamente são perecíveis e demonstram rápida degradação da qualidade, devido principalmente ao estresse mecânico na superfície dos tecidos, decorrentes das operações de seleção, limpeza, lavagem, descascamento, corte, sanitização, secagem e embalagem (Damasceno et al., 2001). Essas operações são responsáveis pelas imediatas e subseqüentes respostas físicas, químicas, fisiológicas e microbiológicas como a desestruturação celular do tecido, resultando no aumento de processos metabólicos que culminam na perda do brilho natural (Calegari et al., 2002), perda de massa fresca ou desidratação (Piagentini et al., 2002), aumento da taxa respiratória e evolução de etileno (Aguayo et al., 2004), ruptura de membranas celulares (Hodges et al., 2000), perda de pigmentos (Bhagwat et al., 2004), declínio nos níveis de compostos nutricionais como ácido ascórbico (Gil et al., 2006), alterações no sabor e firmeza (Lamikanra e Richard, 2002) ou desenvolvimento de odores estranhos (Moretti e Sargent, 2000; Beaulieu, 2006), além da atividade de enzimas envolvidas no escurecimento.

A alta perecibilidade dos minimamente processados pode ser em parte compensada pelo uso de sanitizantes, armazenamento em baixas temperaturas, promoção de atmosferas modificadas, aplicação de coberturas comestíveis, entre outros. Diversos trabalhos têm

sido realizados com o objetivo de aprimorar as condições de processamento bem como prolongar a vida útil de frutas, como melão (Ferrari et al., 2008), maçã (Rojas-Graü et al., 2007 a, b), goiaba (Pereira et al., 2004), laranja (Leme et al., 2007), mamão papaia (Tapia et al. 2008), banana (Bico et al., 2008), manga (Chiumarelli, 2008), morango (Cantillano et al., 2008; Moraes et al., 2008; Bender, et al., 2010; Vargas et al., 2006; Nunes et al., 2006; Brackmann et al., 1999; Malgarim et al., 2006; Pelayo et al., 2003; Mazaro et al., 2008; Calegaro et al., 2002; Yamashita et al., 2006; Mali et al., 2003; Françoso et al., 2008).

Os diferentes tratamentos alternativos pós-colheita têm sido utilizados no controle de microrganismos, bem como, no retardo ou prevenção do amadurecimento em frutas. Estes tratamentos estão fundamentados na teoria dos obstáculos (Leistner, 1992), com aplicação de parâmetros físicos, físico-químicos e microbiológicos, com ação sinérgica, buscando a redução da desordem fisiológica (Franco e Landgraf, 1999). Neste aspecto, os morangos são apropriados para serem protegidos com coberturas devido a alta susceptibilidade e valor agregado (Garcia et al., 1998).

Vários estudos vêm sendo realizados considerando a utilização de coberturas a base de amido de milho e batata (Garcia et al., 1998), glúten de trigo (Tanada-Palmu; Grosso, 2005), mucilagem de cactos (Del-Valle et al., 2005), quitosana (Hernández-Muñoz et al., 2006; Vargas et al., 2006), fécula de mandioca (Vieira, 2000), amido de inhame (Mali et al., 2003), alginato e pectina de baixa metoxilação (Andrade et al., 2008), gelana (Jacometti et al., 2003), amido da banana (Zamudio-Flores et al., 2007), ésteres de celulose (Park et al., 1993).

A aplicação de filmes e coberturas tem uso promissor no mercado pelas numerosas vantagens que apresentam. Estes aspectos se referem às características biodegradáveis, à incorporação de aditivos, ao retardo na perda de água, ao menor custo, à produção de atmosfera modificada no interior do produto, ao retardo no amadurecimento em frutos, à redução na incidência de doenças e na abrasão superficial durante o manuseio em frutas e hortaliças frescas, ao aumento do brilho superficial e à manutenção da cor (Chitarra e Chitarra, 2005).

A busca pela combinação de biopolímeros, para compor os biofilmes, permite utilizar vantajosamente suas características funcionais, como propriedades mecânicas (resistência e flexibilidade), ópticas (cor e opacidade), sensoriais, de barreiras (permeabilidade ao vapor de água, ao O₂ e CO₂), e solubilidade em água (Rigo, 2006), proporcionando melhor atuação funcional como revestimento comestível.

As propriedades funcionais dos biofilmes variam em função da formulação e da composição do produto no qual a cobertura é aplicada. Dentre os componentes utilizados estão os lipídeos, resinas, polissacarídeos e proteínas. Cada um apresenta vantagens e desvantagens e, por esta razão, as coberturas podem conter, em suas formulações, um componente ou mais componentes (Colla et al., 2006).

Filmes hidrofóbicos, geralmente à base de lipídeos ou proteínas, agem como barreira controladora de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, óleos e demais compostos voláteis, atuando eficientemente contra a deterioração natural. As proteínas por si só formam filmes com baixa flexibilidade, principalmente com alterações na umidade e temperatura ambiente (Britto et al., 2005).

A coberturas a base de polissacarídeos em produtos minimamente processados caracterizam por apresentar baixa permeabilidade aos gases, alta permeabilidade ao vapor de água (Vargas et al., 2006), melhorar a cor e a firmeza, e reduzir as taxas de escurecimento enzimático (Assis et al., 2008). Coberturas à base de amido de mandioca aplicadas em morangos frescos contribuíram para a redução da perda de massa, retenção da cor e aumento da vida de prateleira (Henrique e Cereda, 1999).

Polissacarídeos de origem microbiana apresentam-se como novas perspectivas para auxiliar as propriedades de barreira e mecânica dos biofilmes. A celulose bacteriana, produzida por *Acetobacter xylinum*, tem como propriedades e características a permeabilidade para líquidos e gases, alta pureza química, cristalinidade, alta força de tensão, elasticidade, durabilidade, biodegradabilidade, atóxica e não alérgica. Na área alimentícia, pode consistir aplicada como aditivo, emulsificante, fibra dietética e conservante comestível, uma barreira a entrada de bactérias (Mateos, 2007; Pacheco, 2004).

Em função das características inerentes ao fruto, bem como da necessidade do mercado, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de composições de biofilmes celulósicos sobre parâmetros físicos, físico-químicos, microbiológicos, para manutenção da qualidade e aumento da conservação de morangos minimamente processados.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Material

Morangos (*Fragaria x ananassa* Duch.) da variedade 'Festival' produzido na região de Ponta Grossa-PR, fécula de batata (FB) (Yoki), glicerol PA (Merck) e celulose bacteriana (CB) produzida por processo fermentativo, descrito no capítulo 3, item 3.2.2.2, foram utilizados neste trabalho.

5.2.2 Métodos

5.2.2.1 Processamento mínimo do morango e revestimento

Os frutos foram colhidos durante o período da manhã, no estado de maturação comercial (3/4 da superfície vermelha) e transportados em caixas de isopor com gelo, em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 40 minutos, até ao laboratório.

Os frutos inteiros foram lavados e submersos em 1L de água gelada, com 150 ppm hipoclorito de sódio por 15 minutos. Seguido de enxágüe e secagem sob ventilação forçada de ar por 1 hora (ventilador Arno), em temperatura ambiente de 18°C e 70% de umidade relativa (Moretti, 2001).

As composições empregadas no revestimento dos morangos foram descritos no capítulo 4, item 4.2.2.3, Tabela 4.1. Houve acréscimo de mais um tratamento no planejamento experimental, ou seja, o tratamento 10 (0% Fécula de batata, 0% Celulose bacteriana, 0% Glicerol) como controle, que foi submetido às mesmas condições, com exceção da imersão na goma.

Os frutos sanitizados e secos foram imersos nas soluções filmogênicas (descritos no capítulo 4 item 4.2.2.3) por 1 minuto e colocados sobre grades, sob ventilação forçada de ar por 90 minutos (ventilador Arno), em temperatura de $18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 70 a 80% de umidade relativa (UR), para acelerar o processo secagem e de cura (polimerização) do filme. Após estarem com a superfície seca, os morangos foram distribuídos em bandejas de poliestireno (150x150x18mm) e mantidos sob refrigeração a $7^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ com UR de $90\% \pm 5\%$,

controlado com Termo Higrômetro (Incoterm – Modelo 7666.02.0.00), sem outra cobertura, por 192h.

No tratamento 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL) o morango foi coberto por película pura de celulose bacteriana, produzidas e purificadas conforme capítulo 3 item 3.2.2.2 e capítulo 4 item 4.2.2.2, respectivamente.

5.2.2.2 Avaliação da eficiência do biofilme

Os indicadores de qualidade analisados para a avaliação da eficiência do biofilme foram massa fresca, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), razão entre SST e ATT, pH, firmeza, atividade de água (Aw), contagem total de mesófilos aeróbios, compostos fenólicos, antocianinas, antioxidantes, vitamina C, cor, atividade respiratória de CO₂ e O₂. As análises foram realizadas em triplicata a cada 48h, sendo utilizado como amostra o suco de oito frutos por tratamento, exceto para análise de perda de massa, na qual foi utilizada a média de três bandejas com três frutos cada, por tratamento, a cada 24 horas.

Massa - As perdas de massa nos morangos foram determinadas, em gramas, com auxílio de balança analítica com precisão de 0,0001g. Foi utilizada a média de três bandejas com três frutos cada, por tratamento. Os frutos foram pesados no início do experimento (0h - massa inicial), e durante o armazenamento, a cada 24h, até 192h. Os dados foram expressos em porcentagem, considerando a diferença entre a massa inicial e a massa obtida a cada intervalo de tempo. A porcentagem da perda de massa foi calculada de acordo com a equação 1.

$$\text{Perda de massa (g } 100\text{g}^{-1}) = \frac{\text{massa inicial} - \text{massa final}}{\text{massa inicial}} \times 100 \quad (1)$$

A partir dos dados foi feita uma correlação linear da perda de massa em função do tempo, de acordo com a equação 2.

$$\text{Perda de massa} = C + K_m \cdot t \quad (2)$$

Onde,

Perda de massa = $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$

C = constante ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$)

K_m = taxa de perda de massa ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)

t = tempo (dia)

Acidez total titulável – As análises foram realizadas por titulometria de neutralização de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008), utilizando-se como amostra 10 mL de suco do morango, obtido em centrífuga doméstica extratora de suco (Walita®) e filtrado em gaze. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico por 100 gramas do fruto.

Sólidos solúveis totais – Foram determinados pelo índice de refração em refratômetro (2 WAJ- 970139), calibrado com água destilada e corrigido em relação à temperatura de 20°C. Os resultados foram expressos em graus Brix (°Brix).

Relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) - Foi obtida pela divisão dos resultados do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e da acidez total titulável (% de ácido cítrico). Os resultados foram expressos por meio do valor adimensional.

pH - Foi medido com peagâmetro digital de bancada (Pec-2MP Tecnal) padronizado com soluções padrão de pH 4 e pH 7, diretamente em 10 mL de suco de morango.

Firmeza - Foi avaliada em Texturômetro (CT3 Texture Analyzer Brookfield), com ponta de prova cilíndrica, (*probe* TA18). Dez morangos foram cortados pela metade, sentido longitudinal, e submetidos ao teste da força de compressão, com deformação de 5,0 mm e velocidade de 2,00 mm.s⁻¹. Os resultados foram expressos em Kgf.

Atividade de água - Foi determinada com higrômetro AQUA Lab (série 3TE) com sensor de infravermelho, com precisão de ± 0,003, em temperatura ambiente de 20°C ± 0,1°C.

Contagem total de mesófilos aeróbios - Os morangos foram avaliados em relação à carga microbiana, por meio da contagem total de mesófilos aeróbios (Silva et al., 2010). A inoculação ocorreu pelo método de plaqueamento em profundidade, em ambiente asséptico em meio de cultura *Plate Count Ágar* (PCA), previamente fundido e resfriado a 45°C. Completada a solidificação do meio de cultura, as placas foram invertidas e incubadas a 35°C ± 2°C por 48 horas. A contagem das placas foi realizada com auxílio de contador de colônias (CP 600PLUS Phoenix). Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias (UFC) por grama da amostra.

Compostos fenólicos totais - Os compostos fenólicos totais foram quantificados usando o método de Folin-Ciocalteu (Singleton e Rossi, 1965). Foi utilizado catequina como padrão (200 mg.L⁻¹). O cálculo foi realizado segundo a equação 3, e os resultados foram expressos em mg.L⁻¹ de catequina.

$$\text{Fenólicos Totais} = \frac{\text{Leitura da amostra} \times \text{Concentração do padrão} \times \text{Diluição}}{\text{Leitura do padrão}} \quad (3)$$

Antocianinas – Suco de morango clarificado foi utilizado para a determinação dos teores de antocianinas utilizando coeficiente molar de 98,2. O método de pH-diferencial (Giusti e Worlstad, 2001) foi utilizado para quantificação do conteúdo de antocianinas monoméricas totais (usando MW = 444,9, para cianidina-3-glicosídeo e $\epsilon = 28000$), conforme equação 4. O resultado foi expresso em mg de cianidina-3-glicosídeo/L dividindo por 4 = mg.100g⁻¹ de fruto.

$$\text{Antocianinas monoméricas totais} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (4)$$

Onde,

A = absorvância

MW = 449,2 - cianidina-3-glicosídeo, peso molecular

DF = diluição final

ϵ = coeficiente de absorvidade molar 28000 - solvente extrator, metanol:

HCl (99:1)

Para a determinação dos teores de antocianinas totais foram extraídos 10 mL de suco de morango, em centrífuga doméstica (Walita®), e filtradas em papel filtro com poros de 8 μ m, obtendo suco clarificado. A quantificação de antocianinas totais foi determinada segundo Lees e Francis (1972), utilizando o coeficiente de absorvidade molar de 98,2. As análises quantitativas totais relativas às quantidades de compostos foram realizadas por meio da absorção espectrofotométrica (UV-Vis) (Cintra 10 - Modelo Cintra Double Bean).

Antioxidantes - A determinação da atividade antioxidante foi realizada segundo a metodologia de *Ferric Reducing Ability of Plasma* (FRAP), descrita por Benzie e Strain (1996), Bravo e Calixto (2000), por meio de análise colorimétrica. O reagente de FRAP foi preparado pela mistura de tampão acetato de sódio 300 mM a pH 3,6, solução de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) 10 mM em HCl 40 mM, solução de cloreto férrico 20 mM, na proporção 10:1:1 respectivamente, preparada no momento da análise. Como padrão foi utilizado o reativo ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (TROLOX). Na sequência, 3 mL de FRAP reagiram com 100 μ L do padrão e a absorvância foi lida a 593 nm contra um branco (FRAP). As reações com as amostras do suco foram monitoradas durante 6 minutos, a cada 15 segundos, e a diferença foi convertida em valor de atividade antioxidante, mediante curva de calibração feita com o padrão. O resultado foi expresso como μ mol de redução de ferro/poder antioxidante (valor de FRAP), conforme equação 5.

$$\text{FRAP}(\mu\text{M}) = \frac{(\text{O à } 6 \text{ min } \Delta A_{593\text{nm}})_{\text{amostra}} \times [\text{FRAP}]_{\text{pad}} (\mu\text{M})}{(\text{O à } 6 \text{ min } \Delta A_{593 \text{ nm}})_{\text{padrão}}}$$
(5)

Vitamina C - O teor de vitamina C foi determinado pelo método de Tillmans, segundo Instituto Adolf Lutz (2008), com amostra diluída com ácido oxálico 1:10, sendo titulada com 2,6-diclorofenol indolfenol (DCFI). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de fruto.

Cor pelo sistema CIE L* a* b* - Para medida da cor utilizou-se Colorímetro Chroma Minolta Meter CR 410, de acordo com a escala L* a* b* ou CIELAB, recomendada pela *Commision Internationale de L'Eclairage* (CIE). O sistema tri-axial (“tristimulus”) de cores fornece três eixos com as coordenadas L*, a* e b* para determinar a coloração do fruto. No eixo x a coordenada a* varia do vermelho (+ a*) ao verde (- a*); no eixo y, a coordenada b* do amarelo (+b*) ao azul (-b*) e o eixo z corresponde às cores que vão do branco (+L*) ao preto (-L*). O equipamento foi calibrado com fundo branco obtendo os valores de L = 86,22, a* = -0,91 e b* = -1,38. A avaliação da coloração foi feita em dois pontos da superfície do fruto na região equatorial, anotando a leitura de L*a*b*. A interpretação ocorreu por meio das equações 6 e 7.

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$
(6)

Onde,

C = Croma – obtém-se a cor real do objeto analisado;

a* = coloração na região do vermelho (+a*) ao verde (-a*);

b* = indica coloração no intervalo do amarelo (+b*) ao azul (-b*);

$$H^0 = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (7)$$

Onde,

H^0 = Hue-Angle – ângulo formado entre a^* e b^* indicando a saturação da cor do objeto.

Atividade respiratória (CO_2 e O_2) - A taxa respiratória dos morangos foi determinada pelo método estático. O método consistiu no acondicionamento de, aproximadamente, 100g de morango em recipiente de 350 mL, hermeticamente fechado, com tampa de borracha contendo sensor de CO_2 e O_2 . A medição de percentual de gás carbônico foi feita por sensor modelo GMT 221, fornecido pelo fabricante Vaisala (Vaisala, 2006), cuja base de funcionamento é por infravermelho (Sturm et al., 2008). A sonda de medição foi adaptada para fixação mecânica ao Erlenmeyer. O resultado apresentado pelo sensor é apenas em proporção percentual, assim foi necessário determinar o volume total do recipiente, bem como a subtração dos volumes tanto de morangos presentes quanto da própria sonda do sensor. Pelo volume restante foi calculada a massa de CO_2 após 1h de acondicionamento dos morangos, mantidos a $7^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ em banho de gelo, e foi considerado que não houve aumento de pressão. Como informação complementar, cabe salientar que o sensor atua numa faixa de 0 a 20% de gás carbônico. A resolução desta medição é de 0,006%, porém o indicador ao qual este foi conectado possui uma resolução de 0,01%, ficando, desta forma, limitado a este último valor. A produção de CO_2 e consumo de O_2 foi medida 1 hora após o acondicionamento dos morangos, mantidos a $7^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ em banho de gelo.

Para a medida do O_2 foi utilizada a mesma forma de acondicionamento e o sensor foi o Oxímetro DM-4, na função O_2 gasosa, calibrada conforme o manual de operação. O medidor de O_2 está baseado no uso de uma célula eletrolítica, com cátodo de platina e ânodo tubular de prata separados por epoxy fundida, ambos imersos em eletrólito e, o conjunto isolado por uma membrana de politetrafluoretileno (PTFE) permeável a gases. A determinação do O_2 ocorre por difusão através da membrana, reduzindo-se no cátodo e formando no ânodo o produto da oxidação. A corrente resultante é proporcional a quantidade de oxigênio presente com resolução de 0,1 e precisão de 0,33%.

A taxa de respiração foi determinada de acordo com o O₂ consumido e o CO₂ produzido por meio das equações 8 e 9.

$$R_{O_2} = \left[\frac{(V_{total} - V_{morango} - V_{sensor}) \times \% O_2}{100 \times Tempo} \right] \times \frac{Massa\ molar\ O_2}{V_{O_2}} \quad (8)$$

$$R_{CO_2} = \left[\frac{(V_{total} - V_{morango} - V_{sensor}) \times \% CO_2}{100 \times Tempo} \right] \times \frac{Massa\ molar\ CO_2}{V_{CO_2}} \quad (9)$$

Onde,

V_{total} = Volume total do frasco (L)

V_{morango} = Volume de morango (L), calculado pela densidade (d=m/v)

V_{sensor} = Volume do sensor dentro do frasco (L)

% O₂ = porcentagem de O₂ medida

Tempo = tempo de análise (horas)

Massa molar O₂ = 0,032 Kg

V_{O₂} = Volume de O₂ (22,415L)

Massa molar CO₂ = 0,044 Kg

V_{CO₂} = Volume de CO₂ (22,415L)

5.23 Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para verificar quais tratamentos diferiram, foi aplicado o teste de Tukey para realizar comparações pareadas das médias dos tratamentos estabelecendo-se o nível mínimo de significância de 5% (p ≤ 0,05), utilizando o programa Statistica versão 5.0.

A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada com o objetivo de avaliar a similaridade entre os tratamentos e a influência exercida por cada propriedade de qualidade. A PCA foi aplicada à matriz de correlação de dados no programa Pirouette (Infometrix) versão 4.1, utilizando o pré-processamento de autoescalamento em função da correlação entre as propriedades (perda de massa, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, pH, firmeza, atividade de água, compostos fenólicos, antocianinas, antioxidantes, vitamina C, cor – Cromo, Hue-angle, L*, a* e b*), atividade respiratória) e o tempo de armazenamento, para cada tratamento.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 Massa

Foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nos valores das médias da massa, entre os tratamentos e durante o período de armazenamento ($p \leq 0,05$). O teste F corrobora com os valores de p e apresentam significância estatística para fins preditivos para ambas as variáveis (Apêndice C - Tabela 5.1C).

A massa fresca apresentou comportamento linear em função do tempo de armazenamento em todos os tratamentos. Morangos deixam de ser considerados comercializáveis quando perdem 6% do seu peso do período da colheita (Garcia et al., 1998; Malgarim et al., 2006). Neste aspecto foi verificado que os tratamentos com aplicação de biofilme foram eficientes na redução da perda de massa, com valores médios 5,96% até as 96h. No tratamento 10 a perda foi de 7,30% neste mesmo período, estando dentro do limite somente até as 72h (Tabela 5.2) (Figura 5.1).

TABELA 5.2 - CARACTERÍSTICAS DA PERDA DE MASSA (%) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Tempo (horas)	Tratamentos										M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
24	1,28 ±0,14	2,84 ±0,11	2,61 ±0,31	2,31 ±0,31	1,36 ±0,15	2,62 ±0,39	2,36 ±0,23	1,93 ±0,05	1,31 ±0,15	2,73 ±0,18	2,1 ^H
48	3,28 ±0,21	3,69 ±0,31	3,51 ±0,22	3,38 ±0,22	2,14 ±0,09	3,07 ±0,34	3,99 ±0,16	3,05 ±0,11	1,73 ±0,55	4,03 ±0,34	3,1 ^G
72	4,07 ±0,03	5,08 ±0,53	5,29 ±0,17	4,51 ±0,17	3,40 ±0,24	3,88 ±1,29	4,07 ±0,29	4,40 ±0,12	2,99 ±0,32	4,90 ±0,47	4,2 ^F
96	4,98 ±0,65	7,03 ±0,21	6,81 ±0,13	6,36 ±0,13	4,96 ±0,45	6,40 ±0,70	6,85 ±0,87	5,94 ±0,14	4,38 ±0,39	7,30 ±1,22	6,1 ^E
120	6,05 ±0,84	8,42 ±0,53	7,98 ±0,34	7,93 ±0,34	6,02 ±0,58	7,97 ±1,01	7,82 ±0,76	7,51 ±0,37	5,70 ±0,51	7,59 ±0,43	7,3 ^D
144	8,89 ±1,01	9,74 ±0,82	9,28 ±0,25	8,97 ±0,25	8,47 ±0,38	9,22 ±1,55	8,95 ±0,58	8,89 ±0,12	6,91 ±0,21	11,31 ±1,53	9,0 ^C
168	8,94 ±0,22	10,7 ±0,87	10,11 ±0,28	10,29 ±0,28	8,58 ±0,78	10,60 ±1,36	9,73 ±0,24	9,76 ±0,49	7,66 ±0,79	11,36 ±1,26	9,7 ^B
192	9,70 ±0,77	11,5 ±1,42	11,90 ±0,32	11,67 ±0,32	10,06 ±1,34	10,96 ±1,15	11,14 ±1,07	10,96 ±0,51	11,41 ±0,25	13,66 ±0,44	11,0 ^A
M	5,9 ^{bcd}	7,3 ^a	7,1 ^{ab}	6,9 ^{abcd}	5,6 ^{abcd}	6,8 ^{abcd}	6,8 ^{abcd}	6,6 ^{ab}	4,9 ^{cd}	7,8 ^a	

NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de 95% confiança; e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

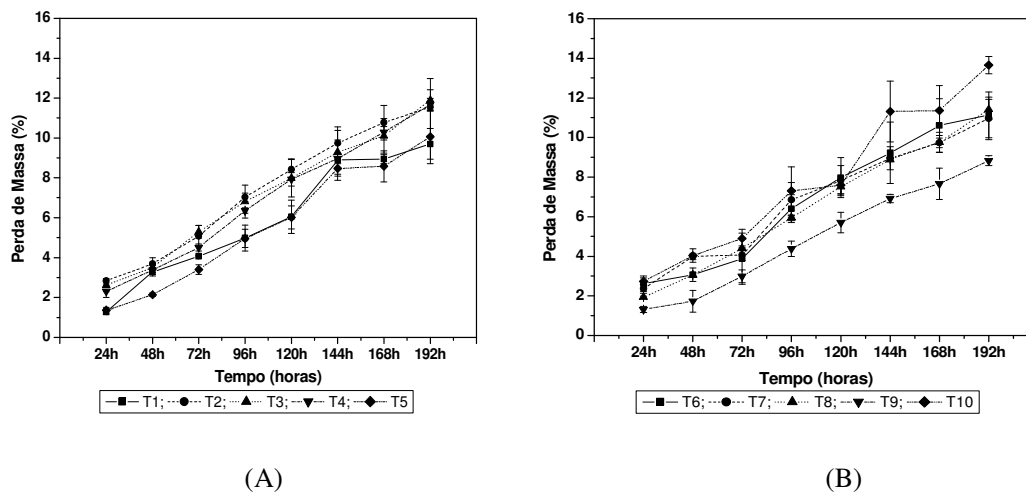


FIGURA 5.1 – EVOLUÇÃO DA PERDA DE MASSA (%) EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL) e T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

No final do período de armazenamento o tratamento 10^{1j} perdeu 13,6% de massa, enquanto a média entre os tratamentos com biofilme foi de 10,8%, portanto, a utilização do biofilme reduziu 2,8% à perda de massa nos morango (Figura 5.2). Esta redução também foi verificado por Han et al. (2005), em morangos armazenados a 2°C por 14 dias após aplicação de cobertura a base de quitosana (2%), com redução aproximada de 18% na perda de massa.

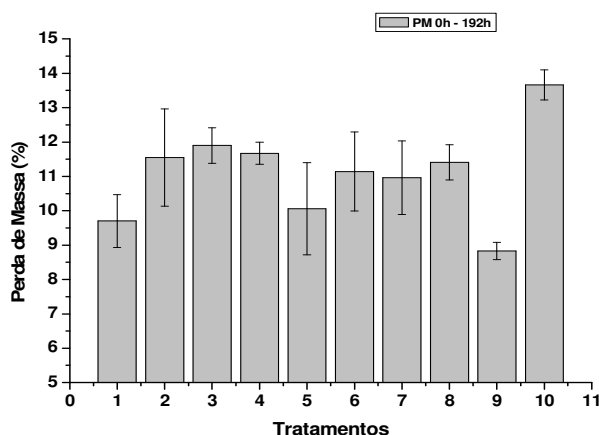
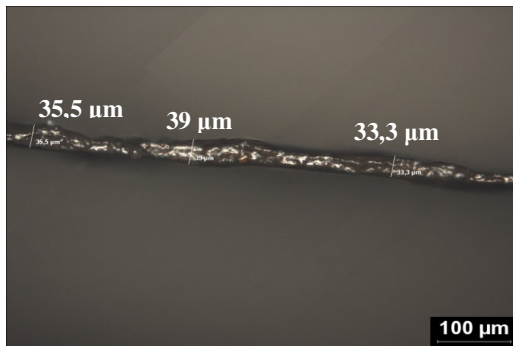


FIGURA 5.2 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DA PERDA DE MASSA, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGOS CV. FESTIVAL COBERTOS COM BIOFILMES DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

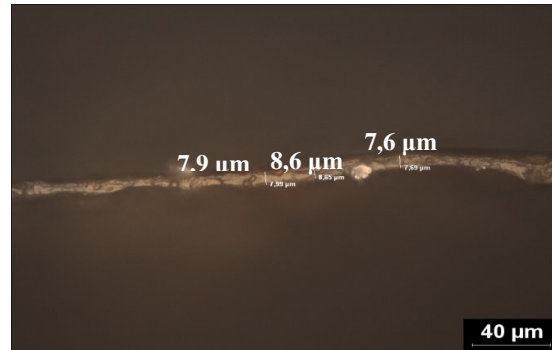
Os tratamentos 1², 5^e e 9ⁱ, com maiores concentrações de celulose bacteriana na composição dos biofilmes, apresentaram menor perda de massa ao final do período de armazenamento, com redução de 9,7%, 10,0% e 8,8%, respectivamente. Os tratamentos 1^a e 5^e mostraram-se dentro do limite comercialmente aceitável até as 120h e, o tratamento 9ⁱ até as 144h (Figura 5.1). Pode-se atribuir a esses resultados a característica hidrofílica e cristalina da celulose bacteriana, consequência do diâmetro menor de suas microfibrilas, o que proporciona elevada capacidade de absorção e retenção de água, e dificuldade no processo de dessorção (Phisalaphong e Jatupaiboon, 2008), favorecendo a manutenção da umidade no fruto.

¹ 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

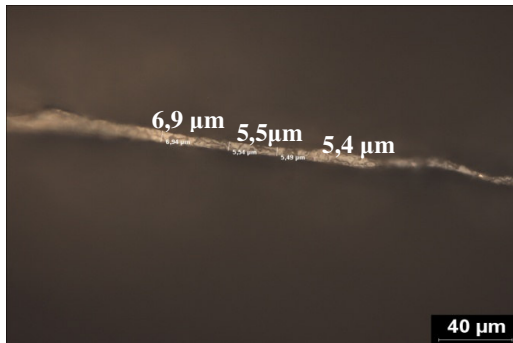
A cobertura com os biofilmes foram eficientes em reduzir, ao longo do período de armazenamento, a perda de massa dos morangos. Isso pode ser explicado pelo aumento da dificuldade de migração da água para o ambiente, causado pela película formada ao redor do fruto, com espessuras que variaram entre os tratamentos de 0,91 μm a 35,93 μm (Figura 5.3).



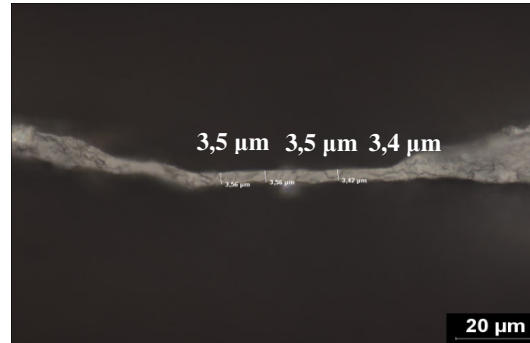
T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL)



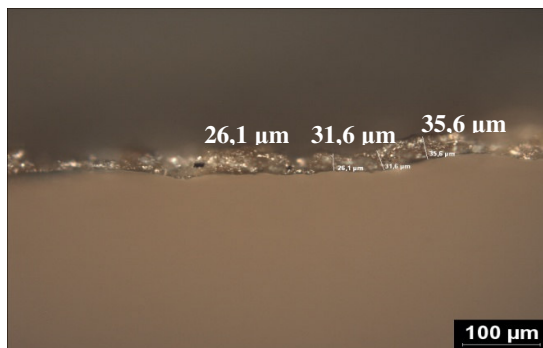
T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL)



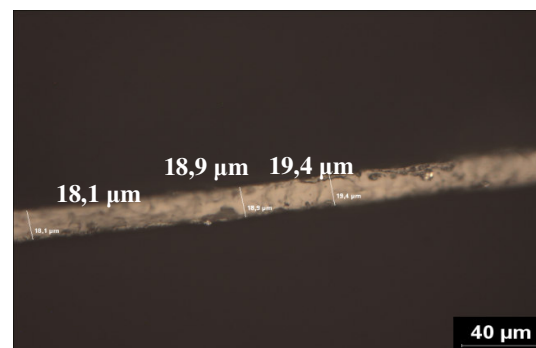
T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL)



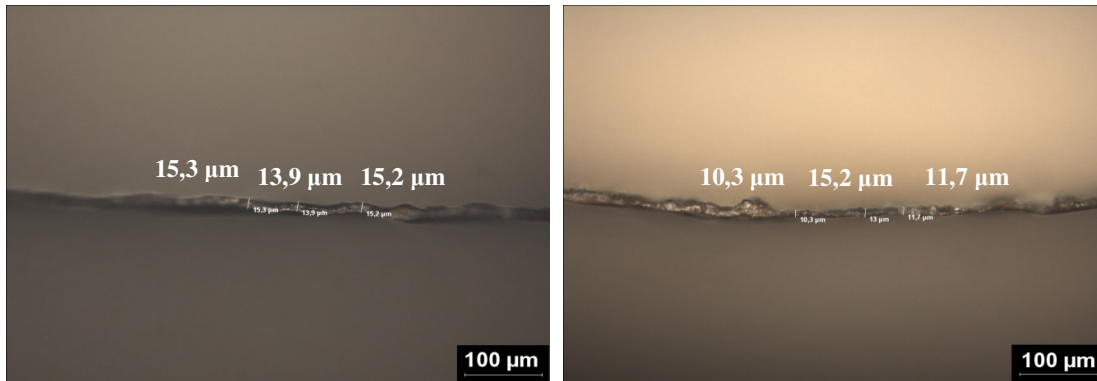
T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL)



T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL)

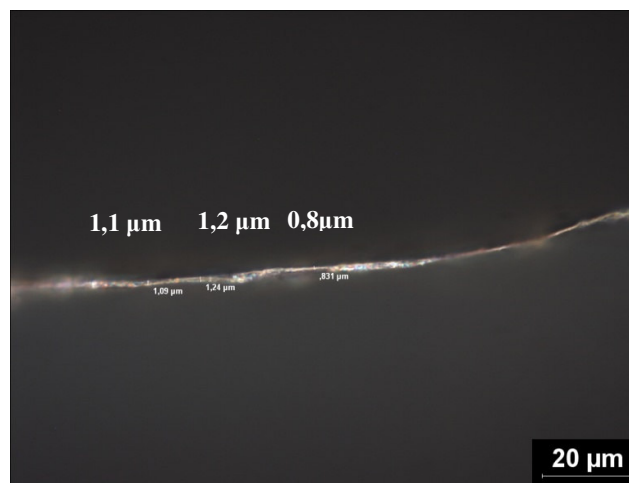


T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL)



T7 (70,75% FB, 11,75% CB,17,5% GL)

T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL)



T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL)

FIGURA 5.3 – ESPESSURA DOS BIOFILMES APLICADOS EM MORANGO CV FESTIVAL

NOTA – Fotos obtidas em Microscópio Óptico de Transmissão e Reflexão Olympus – Modelo BX – 51 (TRF) com câmera CCD acoplada a um software para aquisição da imagem.

A perda de peso em frutas ocorre durante a estocagem em virtude do processo respiratório, da transferência de umidade e dos processos de oxidação (Ayranci e Tunc, 2003) promovendo alterações morfológicas importantes que podem afetar a cor e a textura do fruto. A perda de água é um acelerador da senescência das frutas, acarretando uma maior rapidez na taxa de desintegração da membrana e perda do conteúdo celular e, conseqüentemente, o murchamento e a perda de suculência (Kalt et al., 1993).

Com base na análise de variância (Apêndice C - Tabela 5.3C) os valores dos coeficientes da regressão mostraram que entre os componentes do biofilme o glicerol foi o fator de maior influência ($p \leq 0,05$) na perda de massa dos morangos, no início e final do período de armazenamento. Também foram significativas, em menor grau, a fécula de batata, a celulose bacteriana e as suas interações (Figura 5.4).

O uso de plastificante como o glicerol promoveu à maleabilidade e a afinidade dos biofilmes a água tornando mais suscetíveis à perda de água durante o período de armazenamento (Mali et al., 2004; Chang et al., 2006; Godbillot et al., 2006; Müller et al., 2008).

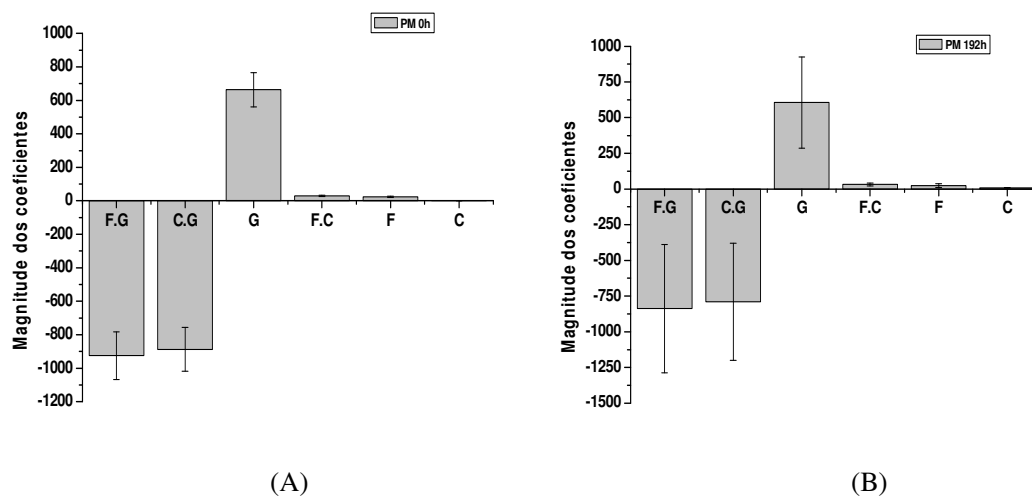


FIGURA 5.4 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A PERDA DE MASSA DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) PERDA DE MASSA 0H, (B) PERDA DE MASSA 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.2 Acidez Total Titulável

As diferentes concentrações utilizadas nos biofilmes promoveram alterações significativas ($p \leq 0,05$) na média dos teores da acidez total titulável entre os tratamentos. No entanto, não houve alteração significativa ($p \geq 0,05$) durante o período de

armazenamento. O teste F confirma os valores de p, e não apresentam significância para fins preditivos para ambas as variáveis (Apêndice C – Tabela 5.4C).

A cultivar estudada apresentou a 0 hora variação de 0,36% a 0,76% de ácido cítrico (Tabela 5.5), indicando que a maioria dos frutos estão dentro da faixa encontrada para morangos maduros, que pode variar de 0,5% a 2,3% de ácido cítrico (Pelayo et al., 2005; Cordenunsi et al., 2003), com exceção dos tratamentos 1^a, 7^g, 8^h e 10^j com acidez abaixo de 0,5%, ou seja, variaram de 0,36% a 0,46%, indicando, possivelmente, frutos ainda “verdes”. Morangos com baixa acidez são mais saborosos e agradáveis (Cordenunsi et al., 2003) e, o máximo de acidez para obtenção de “flavor” aceitável pelo consumidor é de 0,8% (Chitarra e Chitarra, 2005).

TABELA 5.5- CARACTERÍSTICAS DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT) (% DE ÁCIDO CÍTRICO) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTOS COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Tempo (horas)	Tratamentos										M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0,41 ±0,02	0,76 ±0,002	0,58 ± 0,02	0,50 ±0,01	0,71 ±0,002	0,51 ±0,02	0,46 ±0,004	0,38 ±0,01	0,36 ±0,01	0,50 ±0,01	0,42 ^D
48	0,53 ±0,02	0,45 ±0,004	0,54 ±0,01	0,51 ±0,02	0,58 ±0,01	0,39 ±0,04	0,54 ±0,005	0,37 ±0,01	0,38 ±0,01	0,48 ±0,01	0,47 ^D
96	0,83 ±0,03	0,53 ±0,005	0,58 ±0,01	0,47 ±0,03	0,51 ±0,02	0,52 ±0,01	0,53 ±0,002	0,46 ±0,02	0,48 ±0,01	0,55 ±0,01	0,54 ^C
144	0,61 ±0,02	0,64 ±0,007	0,60 ±0,01	0,57 ±0,01	0,60 ±0,01	0,56 ±0,02	0,58 ±0,001	0,51 ±0,01	0,49 ±0,02	0,54 ±0,02	0,57 ^B
192	0,69 ±0,03	0,68 ±0,02	0,77 ±0,006	0,74 ±0,01	0,73 ±0,008	0,77 ±0,02	0,59 ±0,006	0,84 ±0,02	0,58 ±0,02	0,43 ±0,02	0,72 ^A
M	0,62 ^b	0,61 ^b	0,61 ^b	0,56 ^c	0,63 ^a	0,55 ^c	0,54 ^{cd}	0,51 ^d	0,46 ^c	0,50 ^c	

NOTA – M= média; valores com letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de 95% confiança; e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

Considerando os intervalos de confiança de 95%, os tratamentos que mantiveram a acidez total titulável dentro dos limites mínimo de 0,5% e máximo de 0,8% durante o período de armazenamento foram os tratamentos 3^c, 5^c e 7^g. Com valores abaixo do

^a 1(50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

mínimo foram 2^b, 4^d, 6^f, 8^h, 9ⁱ e 10^j, somente o tratamento 1^a demonstrou aumento acima do limite máximo às 96h.

Durante o período de armazenamento houve oscilação no teor de ácido cítrico, entre os tratamentos, até 96h, após foi verificado aumento gradual na maioria, com exceção do tratamento 10^j (Figura 5.5). Os resultados encontrados estão em desacordo com Mazaro et al. (2008); Vieites et al. (2006); Chitarra e Chitarra (2005) ao afirmarem que ao longo do armazenamento a acidez titulável tende a diminuir.

A variação observada nos primeiros dias (96h) pode ser decorrente do tempo em que os frutos ficaram fora da refrigeração para o processo de sanitização, da manipulação durante esse processo, e o tempo de secagem da solução filmogênica sobre os morangos, deixando-os mais suscetíveis para o processo de transpiração e respiração. A perda da acidez está relacionada ao processo natural de maturação dos frutos, pois ocorre utilização dos ácidos orgânicos, principalmente cítrico e málico em morangos, como substrato no processo respiratório via ciclo de Krebs (Mazaro et al., 2008).

O aumento da acidez após 96h pode ter sido causado por fatores como a redução do processo respiratório (difusão), devido ao armazenamento sob refrigeração, e, o preenchimento parcial dos poros da cutícula no pseudofruto. Outro fator a ser considerado pode estar relacionado ao efeito da concentração, em razão da perda de água pelos pseudofrutos, que resulta em aumentos na concentração dos ácidos orgânicos presentes no suco celular (Calegari et al., 2002).

^a 1(50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

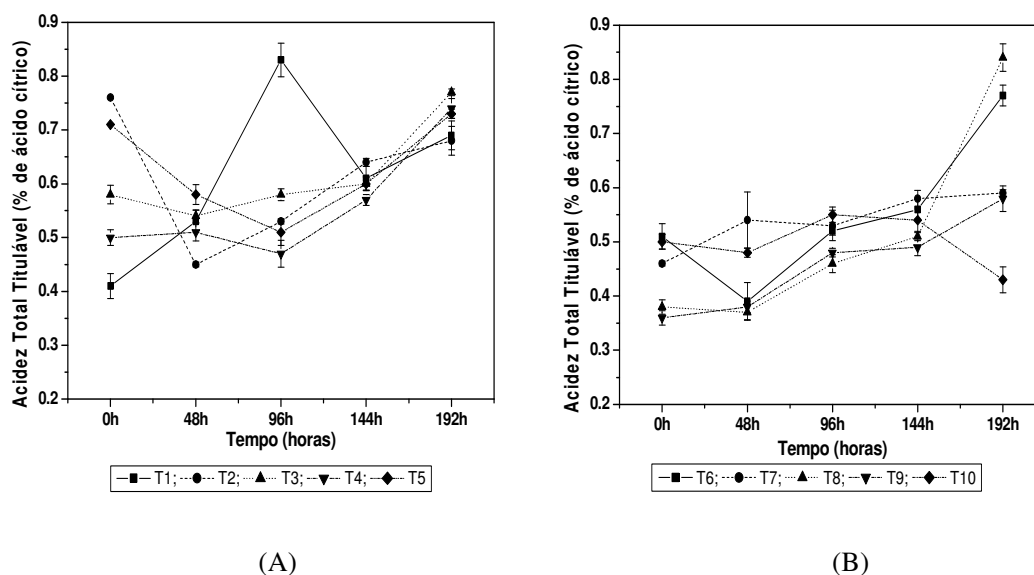


FIGURA 5.5 – EVOLUÇÃO DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (% DE ÁCIDO CÍTRICO) EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0%³CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL), T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Aumento na acidez titulável também foi relatado por Calegari et al. (2002) em morangos da cv Oso Grande conservados em atmosfera modificada com concentrações de O₂ e CO₂ (3KPaO₂ + 10KPaCO₂ e 5KPaO₂ + 15KPaCO₂). Pizarro (2009) observou aumento da acidez em morangos das variedades Camarosa, Dover, Oso Grande e Sweet, submetidos a resfriamento rápido e armazenamento em diferentes tipos de embalagens e temperaturas.

Ao final das 192h, a maior porcentagem de acidez foi produzida pelo tratamento 8^h, a acidez passou de 0,38% para 0,84%, portanto, aumento de 123,2%. A menor produção foi observada no tratamento 5^e, com aumento de 2,4%. Os tratamentos 10^j e 2^b apresentaram redução de 13,6% e 10,9%, respectivamente, no teor de ácido cítrico. Os

^a 1(50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

tratamentos 1^a, 9ⁱ, 6^f, 4^d, 3^c, 7^g e 5^e apresentaram aumento na acidez de 68,6%, 59,8%, 50,0%, 48,5%, 31,9%, 29,4% e 2,4%, respectivamente (Figura 5.6). Os frutos cobertos com o biofilme e com acidez inicial abaixo ou próximos a 0,5% tiveram aumento maior na acidez nos tratamentos 1^a e 9ⁱ com concentrações maiores de celulose bacteriana.

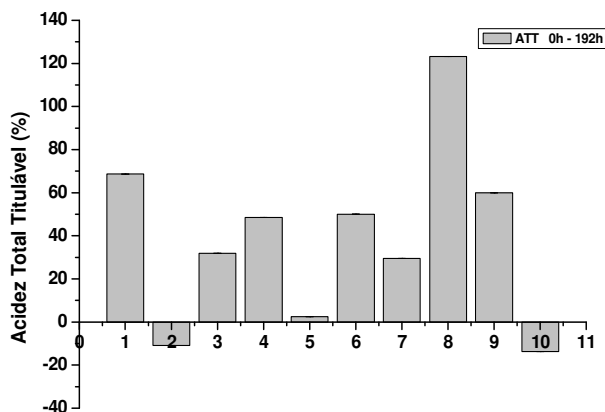


FIGURA 5.6 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGOS CV. FESTIVAL COBERTOS COM BIOFILMES DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Os ácidos orgânicos presentes nos frutos, em conjunto com os teores de açúcares, representam um importante atributo de qualidade, auxiliando como ponto de referência o grau de maturação das frutas (Chitarra e Chitarra, 2005), e muitos desses ácidos são voláteis, o que contribui para o aroma característico (Françoso et al., 2008).

Desta forma, de acordo com os teores iniciais da acidez que se encontravam os morangos, do processo de sanitização, do tratamento que foram submetidos (acidez da solução filmogênica) e das condições de armazenamento (temperatura), foi observada acidez total titulável adequado para o consumo as 192h, os tratamentos 1^a, 2^b, 3^c, 4^d, 5^e e 6^f.

^a 1(50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

Os valores apresentados nesta pesquisa foram abaixo do encontrado por Antunes et al. (2008) para as cultivares Festival, Saborosa, Camarosa e Galexia, com teores de 0,74%, 0,79%, 0,76% e 0,78%, respectivamente.

A análise de variância indicou, por meio da magnitude dos coeficientes da regressão (Apêndice C – Tabelas 5.6C), o glicerol como o componente do biofilme com maior influencia significativa ($p \leq 0,05$) no início do armazenamento. As 192h, o glicerol, a fécula de batata, a celulose e as interações da fécula de batata com celulose bacteriana tiveram efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre a acidez total titulável (Figura 5.7).

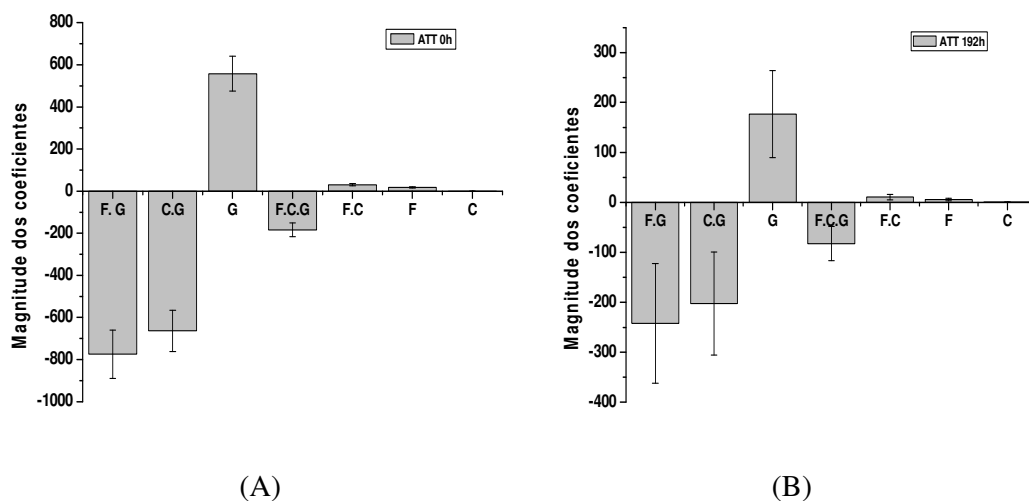


FIGURA 5.7 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL 0H, (B) ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.3 Sólidos Solúveis Totais

As várias concentrações dos biofilmes proporcionaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as médias dos tratamentos, no teor de sólidos solúveis totais (SST). Porém, durante o período de armazenamento esse fator não apresentou alteração ($p \geq 0,05$), mesmo considerando o intervalo de confiança dos resultados (Apêndice C - Tabela 5.7C).

A quantidade de SST mostrou variação a 0h (Tabela 5.8), possivelmente resultado da elevada variabilidade existente entre os frutos da própria cultivar e das concentrações dos açúcares presentes na composição dos biofilmes. Os sólidos solúveis indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa de frutas, e tem a tendência de aumento com o avanço da maturação (5% em frutos verdes pequenos e 6% a 9% em morangos maduros) (Kader, 1991) e são constituídos principalmente pelos açúcares, com valores médios entre 8% a 14% em morangos (Chitarra e Chitarra, 2005). As concentrações iniciais de 5,9% a 6,9% são valores menores que o mínimo sugerido de 7% para obtenção de “flavor” aceitável pelo mercado consumidor, que requer frutos doces (Chitarra e Chitarra, 2005).

TABELA 5.8 - CARACTERÍSTICAS DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST) (°BRIX) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

	Tempo (horas)	Tratamentos										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M
SST (°Brix)	0	5,9 ±0,01	5,9 ±0,01	5,9 ±0,01	5,9 ±0,01	5,9 ±0,01	6,9 ±0,01	6,9 ±0,01	6,9 ±0,01	6,9 ±0,01	5,9 ±0,01	6,2 ^C
	48	5,1 ±0,01	5,1 ±0,01	5,1 ±0,01	5,1 ±0,01	5,1 ±0,01	5,1 ±0,01	5,1 ±0,01	5,1 ±0,01	5,1 ±0,01	6,2 ±0,01	5,1 ^E
	96	6,8 ±0,01	6,0 ±0,01	7,8 ±0,01	6,1 ±0,01	5,0 ±0,01	6,9 ±0,01	6,9 ±0,01	5,8 ±0,01	6,1 ±0,01	6,1 ±0,01	6,4 ^B
	144	6,0 ±0,01	6,0 ±0,01	6,1 ±0,01	6,1 ±0,01	5,1 ±0,01	6,0 ±0,01	6,1 ±0,01	6,1 ±0,01	6,1 ±0,01	6,5 ±0,01	5,9 ^D
	192	6,9 ±0,05	6,0 ±0,05	5,1 ±0,02	6,0 ±0,05	6,0 ±0,05	6,0 ±0,05	6,9 ±0,05	6,9 ±0,05	6,5 ±0,05	7,9 ±0,05	6,2 ^A
	M	6,13 ^d	5,79 ^e	5,99 ^e	5,83 ^f	5,40 ^h	6,17 ^c	6,38 ^b	6,15 ^{cd}	6,13 ^d	6,51 ^a	

NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de 95% confiança; e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

O tratamento 10^j apresentou variação inversa aos tratamentos com biofilmes com aumento de 19,2% em 48h, seguido de declínio de 1,6% às 96h e aumento de 29,5% em 192h. Porém, considerando todo período de armazenamento houve aumento de 33,8% nos SST (Figura 5.8). Esse efeito se deve, provavelmente, a ausência de revestimento durante o período de armazenamento, quando os pseudofrutos permaneceram totalmente expostos a

^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

atmosfera externa (ambiente de refrigeração). A perda de massa de 13,8% pode ter contribuído para aumentar a concentração dos sólidos solúveis nos morangos (Item 5.4.1, Figura 5.1).

Segundo Carmo (2004), os processos metabólicos relacionados com o avanço do amadurecimento, provavelmente pela dissociação de algumas moléculas e enzimas estruturais em compostos solúveis, influem diretamente nos teores de sólidos solúveis, em que frutos em avançados estádios de amadurecimento apresentam os teores mais elevados de sólidos solúveis.

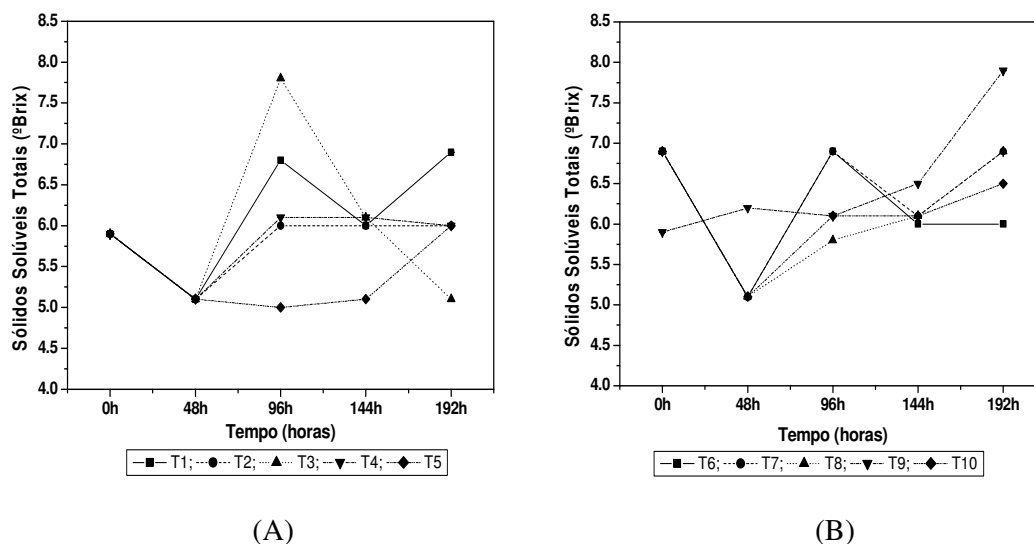


FIGURA 5.8 – EVOLUÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX) EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0% CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL), T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Entre os tratamentos cobertos com biofilmes as maiores porcentagens na concentração de SST, durante o armazenamento, foi verificado no tratamento 3^c, com aumento de 32,2%, às 96h, permanecendo dentro do mínimo aceitável para concentração de açúcar (6% a 9%) em morangos maduros. Porém, ao final do período esse tratamento apresentou maior redução, 13,5% (Figura 5.9). A menor concentração de SST foi de 5,1°Brix, na maioria dos tratamentos, às 48h.

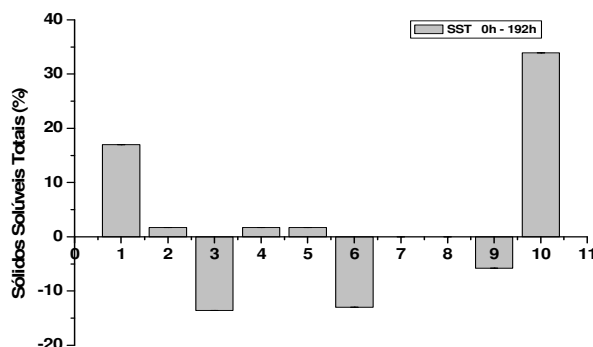


FIGURA 5.9 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGOS CV. FESTIVAL COBERTOS COM BIOFILMES DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Comparando com o tratamento 10^j, os tratamentos cobertos pelos filmes foram efetivos em retardar o processo metabólico (respiração). No entanto, os tratamentos 2^b, 4^d, 5^e, 7^g e 8^h apresentaram maior estabilidade na concentração de SST, considerando o início e final do período de armazenamento, com aumentos de 1,7%, 1,7%, 1,7%, 0% e 0%, respectivamente.

As oscilações ocorridas nos teores de SST, durante o período de armazenamento, podem ser atribuídas em parte pela mobilização dos sólidos solúveis para respiração, constituídos principalmente pelos açúcares (glicose, frutose e sacarose), ácidos orgânicos,

^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 7 (70,75% FB, 11,75% CB,17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

e pectinas solúveis (Atta-Aly, 2003; Pelayo-Zaldivar et al., 2005; Garcia et al.,1998). A baixa desidratação dos morangos, observado no percentual de perda de massa (Item 5.4.1 Tabela 5.2), em alguns tratamentos, indica ter contribuído na pequena variação dos sólidos solúveis. Porém, o aumento pode ser consequência da transformação das reservas acumuladas durante a formação e o desenvolvimento desses sólidos em açúcares solúveis, para posterior utilização (Jerônimo e Kanesiro, 2000).

Por meio da análise de variância (Apêndice C – Tabela 5.9C), os coeficientes da regressão mostraram que, entre os componentes do biofilme, as interações da fécula de batata e da celulose bacteriana com o glicerol e dos três componentes foram significativas ($p \leq 0,05$) nos resultados dos sólidos solúveis totais, no final do período de armazenamento (Figura 5.10).

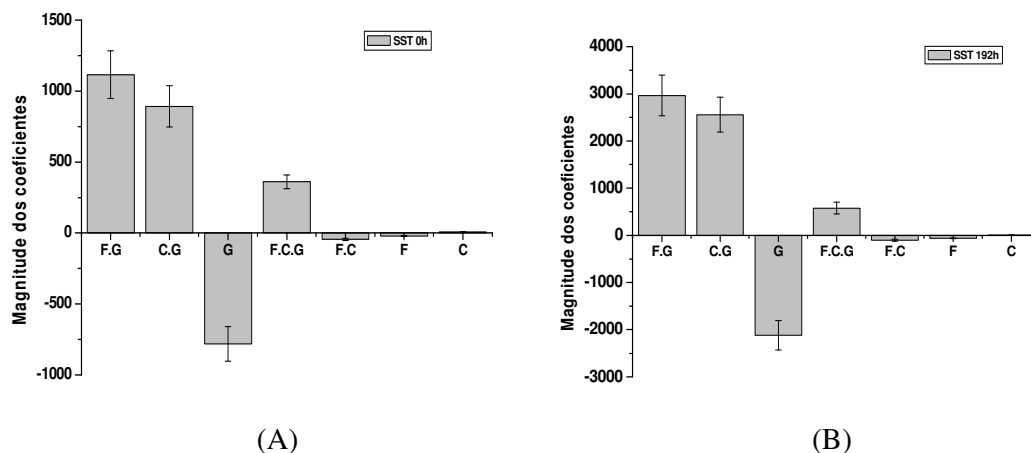


FIGURA 5.10 - MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS 0H, (B) SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.4 Relação entre Sólidos Solúveis Totais e Acidez Total Titulável (SST/ATT)

As diferentes concentrações utilizadas na composição dos biofilmes foram significativas ($p \leq 0,05$) para diferenciação do sabor do morango entre as médias dos tratamentos e no decorrer do período de armazenamento (Apêndice C – Tabela 5.10C). O

teste F confirma os valores de p e mostra falta de significância para fins preditivos para as duas variáveis analisadas.

A relação SST/ATT teve um comportamento irregular durante as primeiras 96h nos tratamentos cobertos com biofilme, e com redução contínua até as 192h. O tratamento 10^j apresentou efeito contrário após as 96h, ou seja, aumento gradual até as 192h (Figura 5.11).

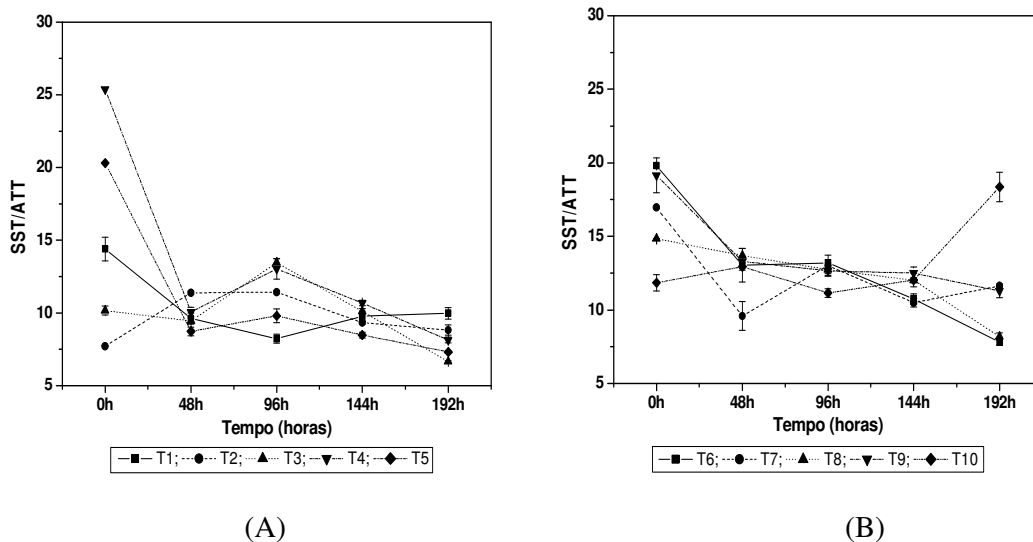


FIGURA 5.11 – EVOLUÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRUX) E ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (% DE ÁCIDO CÍTRICO) EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL), T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Ao final do período de armazenamento (192h), os tratamentos 1^a, 2^b, 7^g, 9ⁱ e 10^j apresentaram valores aceitáveis para a razão SST/ATT, considerando a média 8,75% para um sabor agradável (frutos doces e com baixa acidez), para o mínimo exigido

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

comercialmente (Tabela 5.11). Segundo Chitarra e Chitarra (2005) em morangos o teor mínimo de sólidos solúveis totais é de 7° Brix e o máximo da acidez total titulável é de 0,8% para que se obtenha um fruto com sabor agradável, ou seja, mantenha uma proporção adequada em torno de 8,7. Quando esta razão é muito baixa o produto é considerado insípido e perde a qualidade.

TABELA 5.11 - CARACTERÍSTICAS DA RAZÃO ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST) E A ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTOS COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

	Tempo (horas)	Tratamentos										M
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SST/ATT	0	14,37 ±0,81	7,71 ±0,02	10,16 ±0,3	11,88 ±0	8,27 ±0	13,47 ±0	15,07 ±0	18,27 ±0	19,14 ±1,18	11,83 ±0,55	13,0 ^A
	48	9,60 ±0,38	11,38 ±0,11	9,44 ±0,2	10,06 ±0,32	8,72 ±0,28	12,97 ±1,15	9,52 ±0,98	13,68 ±0,48	13,30 ±0,37	12,94 ±0,24	11,1 ^C
	96	8,22 ±0,31	11,42 ±0,1	13,46 ±0,26	13,00 ±0,7	9,79 ±0,47	13,19 ±0,2	13,00 ±0,69	12,73 ±0,45	12,66 ±0,21	11,15 ±0,29	11,8 ^B
	144	9,76 ±0,36	9,33 ±0,11	10,10 ±0,2	10,67 ±0,19	8,47 ±0,19	10,74 ±0,36	10,48 ±0,28	12,01 ±0,18	12,50 ±0,4	12,01 ±0,45	10,6 ^D
	192	9,96 ±0,40	8,81 ±0,35	6,65 ±0,05	8,13 ±0,20	8,20 ±0,08	7,81 ±0,19	11,63 ±0,12	8,18 ±0,24	11,28 ±0,46	9,63 ±1	9,0 ^E
	M	10,38 ^{de}	9,73 ^f	9,96 ^{ef}	10,75 ^b	8,69 ^d	11,63 ^{bc}	11,94 ^c	12,98 ^c	15,25 ^a	11,51 ^{ab}	

NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de 95% confiança; e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

Os frutos insípidos apresentam teor de sólidos solúveis e acidez muito baixos, proporcionando uma relação SST/ATT elevada entre esses componentes, conduzindo a uma interpretação errônea da qualidade quanto ao sabor. Esse fato pode ter ocorrido nesta pesquisa, em consequência dos valores iniciais abaixo do mínimo sugerido para sólidos solúveis totais, em todos os tratamentos, e para acidez total titulável nos tratamentos 1^a, 7^g, 8^h e 9ⁱ. Porém, outro fator deve ser considerado como a maturidade dos frutos no momento da colheita, embora, a coloração vermelha tenha prevalecido em 75% do fruto indicando boa maturidade para colheita (Cantillano et al., 2003; Cantillano, 2008), pode ter comprometido a qualidade organoléptica. As possíveis causas da variação na razão

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

SST/ATT podem ser atribuídas ao comportamento das condições de cultivo e de cada tratamento que foram submetidos os morangos.

Considerando esses fatores, o tratamento 5^o apresentou menor percentual de variação, 0,76% (Figura 5.12), entre o início e final do armazenamento na relação SST/ATT. A relação SST/ATT é uma das formas utilizadas para avaliação do sabor, tendo maior representação que a medição isolada de açúcares ou da acidez. Esse parâmetro indica o grau de equilíbrio do sabor dos frutos (Chitarra e Chitarra, 2005).

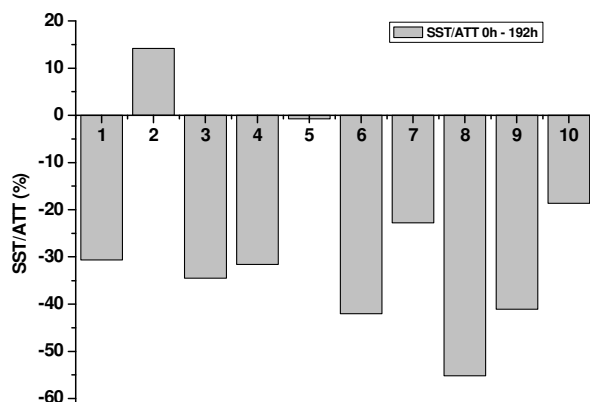


FIGURA 5.12 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DA RAZÃO ENTRE SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGOS CV. FESTIVAL COBERTOS COM BIOFILMES DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Antunes et al. (2008), em pesquisa desenvolvida sobre o comportamento de novas cultivares de morangueiros na região de Pelotas-RS, encontraram em morangos cv ‘Festival’ valores médios de 7,6 °Brix, 0,74% de ácido cítrico, e 10,2 de SST/ATT, valores acima dos encontrados neste trabalho.

Na análise de variância (Apêndice C – Tabelas 5.12C), os coeficientes da regressão mostraram as interações da fécula de batata, da celulose bacteriana com o glicerol e, dos

^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL).

três componentes como significativas ($p \leq 0,05$) nos resultados dos SST/ATT, no início e final do armazenamento (Figura 5.13).

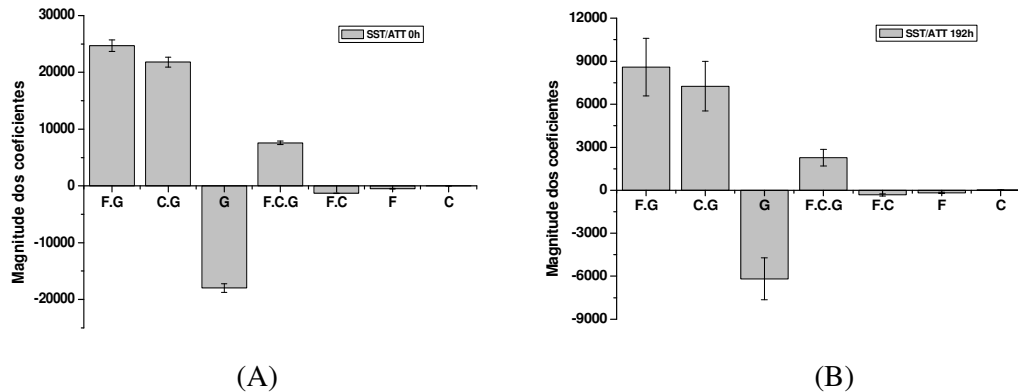


FIGURA 5.13 - MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A RAZÃO ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST) E A ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT) DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) SST/ATT 0H; (B) SST/ATT 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

As diferentes concentrações dos biofilmes dos tratamentos influenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) as médias dos resultados do pH, assim como, o período de armazenamento. O teste F corrobora com os valores de p e, mostra significância para fins preditivos entre as duas variáveis analisadas (Apêndice C – Tabela 5.13C).

Os valores obtidos no pH inicial (Tabela 5.14), entre 3,03 e 3,55, estão dentro da faixa encontrada por Antunes et al. (2008), em morango ‘Festival’ com média de 3,45.

TABELA 5.14 - CARACTERÍSTICAS DO pH EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTOS COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Tempo (horas)	Tratamentos										M	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
pH	0	3,26 ±0,04	3,13 ±0,015	3,14 ±0,02	3,15 ±0,01	3,03 ±0,006	3,27 ±0,01	3,41 ±0,02	3,41 ±0,006	3,27 ±0,015	3,55 ±0,02	3,26 ^A
	48	3,20 ±0,006	3,16 ±0,006	3,1 ⁰ ±0,0	3,14 ±0,012	3,05 ±0,0	3,32 ±0,006	3,26 ±0,0	3,37 ±0,006	3,39 ±0,006	3,33 ±0,006	3,24 ^B
	96	3,00 ±0,021	3,13 ±0,006	3,12 ±0,032	3,25 ±0,01	3,17 ±0,006	3,33 ±0,058	3,27 ±0,02	3,30 ±0,006	3,34 ±0,021	3,27 ±0,049	3,22 ^B
	144	3,12 ±0,006	3,11 ±0,025	3,06 ±0,01	3,10 ±0,006	3,15 ±0,006	3,14 ±0,006	3,23 ±0,051	3,14 ±0,01	3,35 ±0,015	3,17 ±0,044	3,16 ^C
	192	2,94 ±0,012	2,87 ±0,101	3,02 ±0,025	3,07 ±0,015	2,98 ±0,006	3,05 ±0,006	3,20 ±0,006	3,05 ±0,006	3,22 ±0,04	3,04 ±0,015	3,05 ^D
	M	3,11 ^e	3,09 ^e	3,09 ^e	3,14 ^d	3,08 ^e	3,23 ^c	3,28 ^b	3,26 ^b	3,32 ^a	3,28 ^b	

NOTA –M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de 95% confiança; e valores com letras maiúsculas iguais na colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

Os morangos com biofilme tiveram pH abaixo do valores encontrados no tratamento 10^j que pode ser explicado pela interferência do pH da cobertura, inferior ao pH da fruta (Tabela 5.15).

TABELA 5.15 – pH DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS E CELULOSE BACTERIANA

pH	Tratamentos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	3,25 ^d ±0,01	3,31 ^{bc} ±0,01	3,33 ^b ±0,01	3,47 ^a ±0,01	3,21 ^e ±0,005	3,30 ^c ±0,005	3,32 ^b ±0,005	3,45 ^a ±0,01	3,02 ^f ±0,01

NOTA - Valores com letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de 95% confiança. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tratamento e respectivo desvio padrão.

Durante o período de armazenamento houve oscilação do pH, porém foi observado que, após 144h, todos os tratamentos tiveram redução (Figura 5.14). O comportamento dos sólidos solúveis (Item 5.4.3 Tabela 5.8) pode ter influenciado os resultados finais do pH, pois a liberação de sólidos solúveis proporciona uma quantidade de ácido dissociado.

^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Segundo Fontes (2005) o valor do pH expressa apenas o ácido dissociado e tem o poder de tamponar a solução, enquanto que a acidez titulável expressa a quantidade de ácido presente. Leningher (1990) sugere que uma pequena variação nos valores de pH resulta em um efeito tamponante, causado pela presença simultânea de ácidos orgânicos e seus sais, mesmo que ocorram variações no conteúdo da acidez titulável.

Segundo Holcroft e Kader (1999) altas concentrações de CO₂ podem influenciar no pH intracelular de frutas e hortaliças aumentando a acidez e reduzindo o pH, por meio da hidratação do CO₂ com produção HCO₃⁻ e H⁺ e/ou pelo seu efeito no metabolismo dos ácidos orgânicos. A dissociação de ácido carbônico no citoplasma é passível de ocorrer, uma vez que o vacúolo é acidificado, a dissociação do ácido carbônico deve ser mínima, e é provável que a capacidade tamponante do tecido possa absorver essas mudanças. No entanto, a acidificação do vacúolo nos morangos pode não ter ocorrido, pelo acúmulo de ácidos fracos, como o cítrico e o málico, auxiliando no tamponamento do vacúolo.

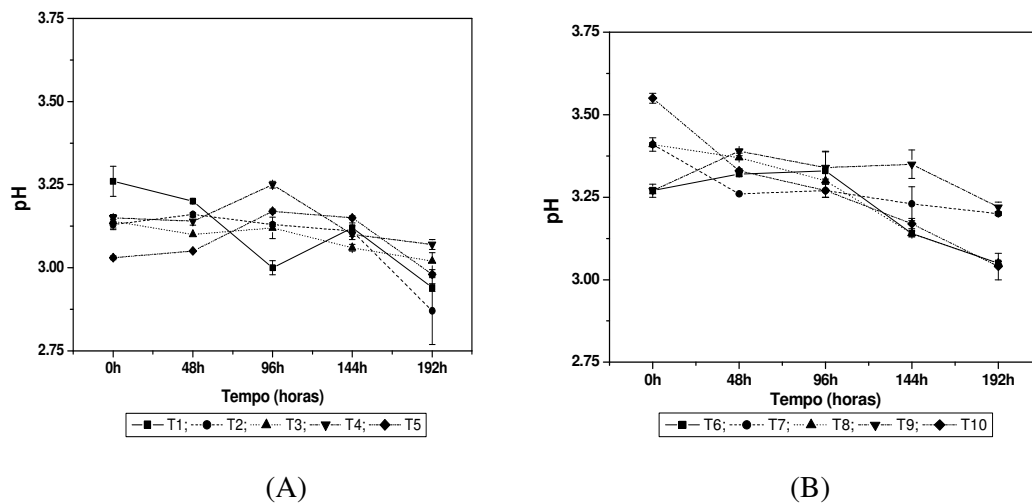


FIGURA 5.14 – EVOLUÇÃO DO pH EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA- (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL), T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

As maiores variações do pH foram observadas nos tratamentos 10^j e 9ⁱ com maior e menor redução, 14,36 % e 1,53%, respectivamente (Figura 5.15).

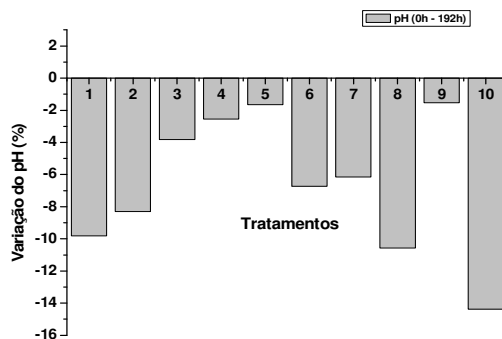


FIGURA 5.15 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DO pH, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

Por meio da análise de variância (Apêndice C – Tabelas 5.16C), os coeficientes da regressão mostraram que as interações da fécula de batata, da celulose bacteriana com o glicerol e, dos três componentes tiveram influência significativa ($p \leq 0,05$) nos resultados do pH (Figura 5.16).

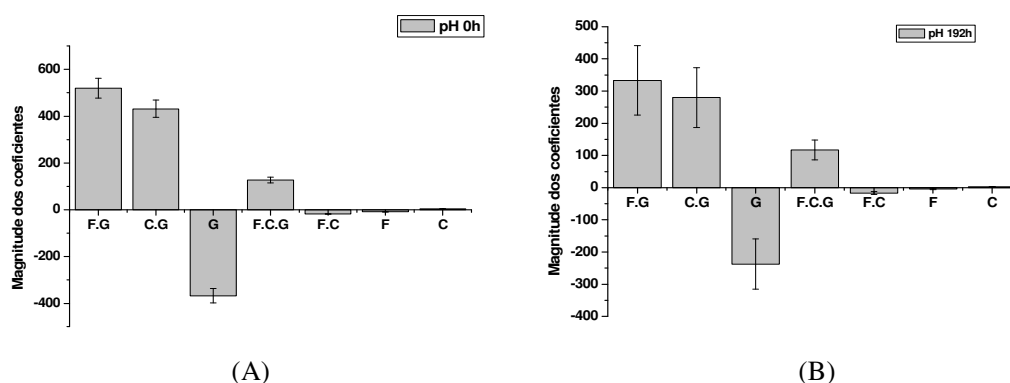


FIGURA 5.16 - MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O pH DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) pH 0H; (B) pH 192H

ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL)

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.6 Firmeza

Foram observadas diferenças significativas da firmeza (força de compressão) entre as médias dos tratamentos e nos tempos de armazenamento ($p \leq 0,05$). O teste F corrobora com os valores de p e, mostra significância para fins preditivos entre as duas variáveis analisadas (Apêndice C - Tabela 5.17C). A firmeza dos morangos oscilou durante o tempo de armazenamento em todos os tratamentos (Figura 5.17).

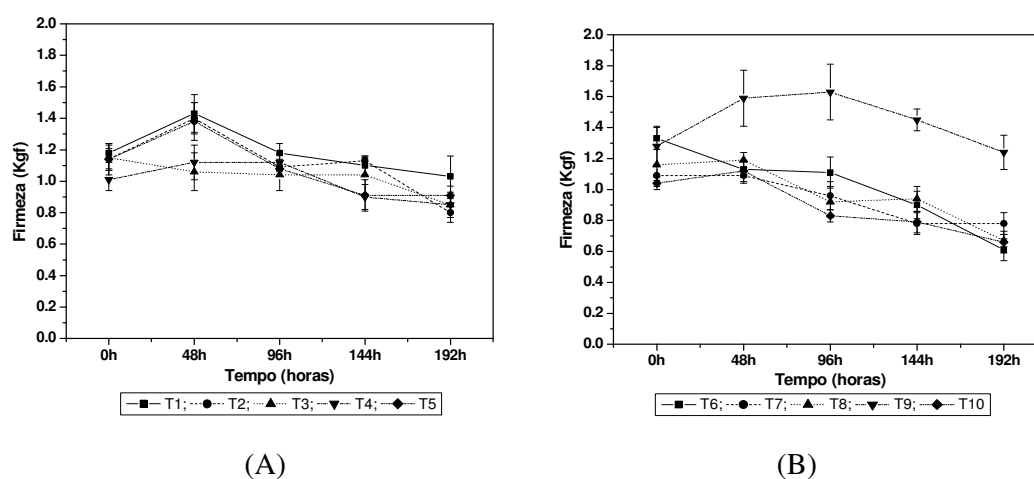


FIGURA 5.17 – EVOLUÇÃO DA FIRMEZA EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL), T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Em 48h houve aumento da firmeza, com exceção dos tratamentos 3^c e 6^f apresentaram reduções e o 7^s manteve estável. Em 96h foi verificada redução na maioria dos tratamentos, exceto nos 4^d e 8^h com estabilidade e declínio, respectivamente. As 144h

^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^s 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL).

os tratamentos 2^b e 8^h apresentaram aumento da firmeza e, o 3^c estabilidade, os demais mostraram redução. Em 192h foi verificado declínio nos tratamentos, com exceção dos 5^e e 7^s com estabilidade da firmeza (Tabela 5.18).

TABELA 5.18 – VALORES DA FIRMEZA EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

Firmeza (Kgf)	Tempo (horas)	Tratamentos										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M
	0	1,18 ±0,06	1,14 ±0,10	1,15 ±0,08	1,01 ±0,07	1,14 ±0,07	1,33 ±0,07	1,09 ±0,07	1,16 ±0,10	1,28 ±0,13	1,04 ±0,04	1,15 ^B
	48	1,43 ±0,12	1,40 ±0,10	1,06 ±0,12	1,12 ±0,11	1,38 ±0,12	1,13 ±0,05	1,09 ±0,05	1,19 ±0,05	1,59 ±0,13	1,12 ±0,07	1,25 ^A
	96	1,18 ±0,06	1,09 ±0,02	1,04 ±0,10	1,12 ±0,05	1,08 ±0,02	1,11 ±0,10	0,96 ±0,09	0,92 ±0,10	1,63 ±0,18	0,83 ±0,04	1,10 ^B
	144	1,10 ±0,06	1,13 ±0,02	1,04 ±0,12	0,90 ±0,08	0,91 ±0,10	0,90 ±0,09	0,78 ±0,07	0,94 ±0,08	1,45 ±0,07	0,79 ±0,07	0,99 ^C
	192	1,03 ±0,13	0,80 ±0,06	0,85 ±0,04	0,85 ±0,08	0,91 ±0,06	0,61 ±0,07	0,78 ±0,07	0,67 ±0,04	1,24 ±0,11	0,66 ±0,07	0,84 ^D
	M	1,18 ^b	1,11 ^{bc}	1,03 ^{cdef}	1,00 ^{def}	1,08 ^{bcd}	1,01 ^{cdef}	0,94 ^{efgh}	0,98 ^{efgh}	1,44 ^a	0,89 ^{gh}	

NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo respectivo.

O aumento da firmeza inicial pode estar relacionado a aspectos, como à desidratação do fruto que leva ao enrijecimento do tecido superficial, conduzindo a uma idéia errônea de maior firmeza, porém, esse fator não foi observado por meio visual (Item 5.4.8, Figura 5.24). Desta forma, sugere-se que o aumento detectado tenha ocorrido em função da resistência e a espessura do biofilme impregnada nos frutos (Item 5.4.1 Figura 5.3). Moraes et al. (2008) verificou aumento da firmeza em morangos submetidos a processamento mínimo e conservados sob refrigeração e atmosfera controlada, no 3º dia de armazenamento.

As reduções nos valores da firmeza, ao longo do armazenamento, sugerem terem sido proporcionadas pelas reações tanto de sínteses como degradações dos componentes da

^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^s 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL).

parede celular e, à perda de turgescência das células no tecido com o avanço do amadurecimento (Cordenunsi et al., 2003).

A degradação da parede celular está relacionada com o aumento da atividade de enzimas endógenas que degradam o material péctico, tais como a poligalacturonase e a pectinametilesterase ou se deve à redução da pressão de turgescência, que diminui com a perda de água, ou ainda, à desidratação provocada pela transpiração nos tecidos durante a conservação (Hojo, 2005).

A maior e menor redução da firmeza foi observada nos tratamentos 6^f com 54,2% e 9ⁱ com 2,6%, respectivamente (Figura 5.18). Os tratamentos cobertos pelos biofilmes com maiores concentração de celulose bacteriana mostraram menor perda da firmeza, assim como foi verificado na perda de massa (Item 5.4.1 Figura 5.2). Isso sugere que a celulose bacteriana tenha sido um fator importante para retardar o processo de transpiração e senescência dos morangos e, também indica maior proteção mecânica.

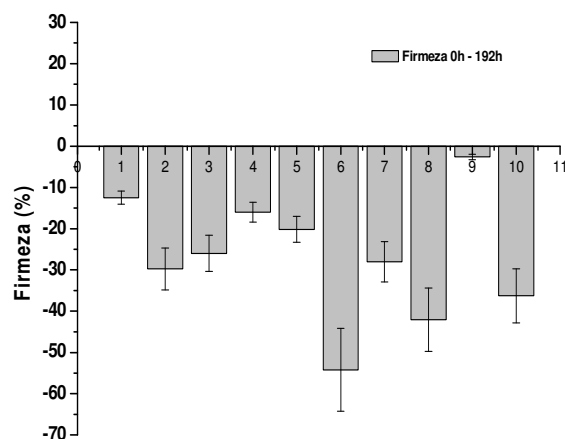


FIGURA 5.18 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NOS VALORES DA FIRMEZA, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO, EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

Por meio da análise de variância (Apêndice C – Tabela 5.19C), as estimativas dos coeficientes de regressão apresentaram influencia significativa ($p \leq 0,05$) da celulose bacteriana no início do armazenamento. A celulose e as interações da fécula de batata e da celulose bacteriana com o glicerol tiveram maiores influencia ($p \leq 0,05$) sobre os resultados da firmeza no final do período de armazenamento (Figura 5.19).

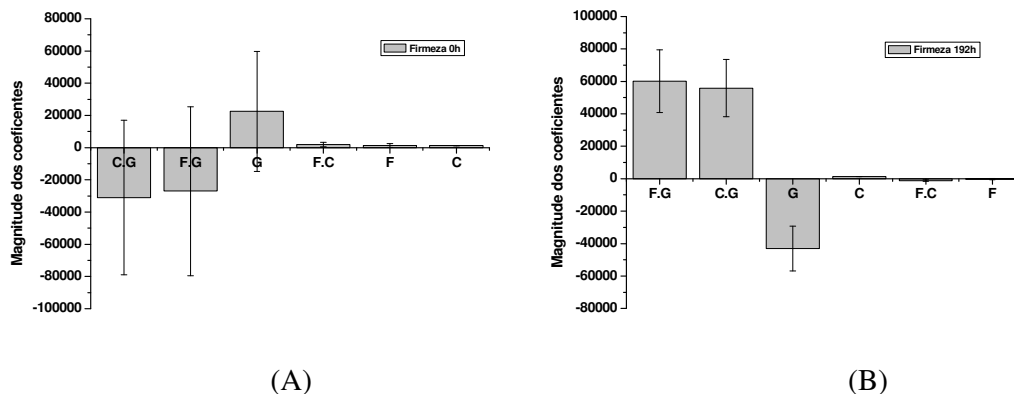


FIGURA 5.19 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A FIRMEZA EM MORANGO CV FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES: (A) FIRMEZA 0H, (B) FIRMEZA 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol.

5.4.7 Atividade de água (A_w)

A atividade de água (A_w) não foi influenciada estatisticamente pelos resultados das médias dos parâmetros, tratamentos e tempos de armazenamento, ao nível de confiança de 95% ($p \geq 0,05$) confirmado pelo teste F, e, mostra falta de significância para fins preditivos entre as duas variáveis analisadas (Apêndice C - Tabela 5.20C).

Entretanto, considerando a evolução da A_w em cada tratamento, o coeficiente de determinação mostrou acima de 0,90, configurando resultados significativos na explicação da variação das respostas.

Durante o período de armazenamento todos os tratamentos apresentaram redução gradual da A_w até as 96h, seguida de declínio significativo até as 192h (Figura 5.20). A

redução gradual pode estar relacionada à temperatura de estocagem, com a redução da pressão parcial de vapor de água formada sobre a superfície dos frutos pela aplicação do biofilme.

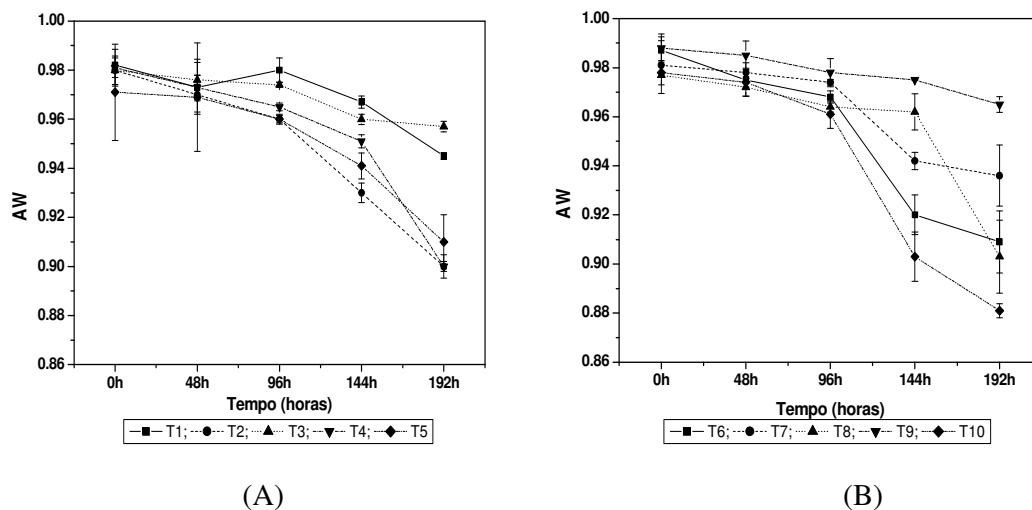


FIGURA 5.20 – EVOLUÇÃO DO AW EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL), T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

A variação da Aw inicial de 0,97 e 0,98 em todos os tratamentos pode ser decorrente do processo de sanitização e da aplicação da solução filmogênica nesses tratamentos (Tabela 5.21). A adição de sais, açúcar e outras substâncias provocam a redução do valor de Aw de um alimento pela saturação, com a redução o valor da pressão parcial de vapor da água contida na solução ou no alimento (*International Commission on Microbiological Specifications for Foods – ICMSF, 1980*).

TABELA 5.21 - CARACTERÍSTICAS DA ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

	Tempo (horas)	Tratamentos										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M
Aw	0	0,98 ±0,003	0,97 ±0,001	0,98 ±0,005	0,98 ±0,007	0,97 ±0,002	0,98 ±0,004	0,98 ±0,001	0,97 ±0,004	0,98 ±0,005	0,97 ±0,00	0,97
	48	0,97 ±0,005	0,97 ±0,007	0,97 ±0,008	0,97 ±0,001	0,96 ±0,002	0,97 ±0,003	0,97 ±0,004	0,97 ±0,003	0,98 ±0,005	0,97 ±0,005	0,96
	96	0,98 ±0,005	0,96 ±0,002	0,97 ±0,001	0,96 ±0,001	0,96 ±0,001	0,96 ±0,002	0,97 ±0,001	0,96 ±0,002	0,97 ±0,005	0,96 ±0,005	0,96
	144	0,96 ±0,003	0,92 ±0,003	0,96 ±0,002	0,95 ±0,002	0,94 ±0,005	0,92 ±0,008	0,94 ±0,003	0,96 ±0,007	0,97 ±0,00	0,90 ±0,001	0,95
	192	0,94 ±0,001	0,90 ±0,002	0,95 ±0,002	0,90 ±0,004	0,91 ±0,001	0,90 ±0,001	0,93 ±0,001	0,90 ±0,001	0,96 ±0,003	0,88 ±0,002	0,92
	M	0,96	0,90	0,95	0,95	0,94	0,90	0,94	0,90	0,95	0,93	

NOTA – M = média; São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

O tratamento 9ⁱ pode ter diminuído a saturação na superfície do fruto, permitindo maior estabilidade dos morangos em relação à atividade de água ao longo do período de armazenamento, com redução de 2,3%. O tratamento 10^j apresentou maior redução na atividade de água durante o período de armazenamento, com 9,2%, assim como foi verificado na perda de massa (Item 5.4.1 Figura 5.1). A cobertura do morango com celulose bacteriana pura, tratamento 9ⁱ, conseguiu reduzir a perda da atividade de água em 7,16% em relação aos morangos sem cobertura. Entre os tratamentos com biofilme formado apenas por fécula de batata, 4^d e 8^h, mostraram maior redução da atividade de

^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

água, 8,2% e 7,2%, respectivamente. Os tratamentos 1^a, 2^b, 3^c, 5^e, 6^f e 7^g reduziram de 4,8%, 7,2%, 3,06%, 6,2%, 8,1% e 5,1%, respectivamente (Figura 5.21).

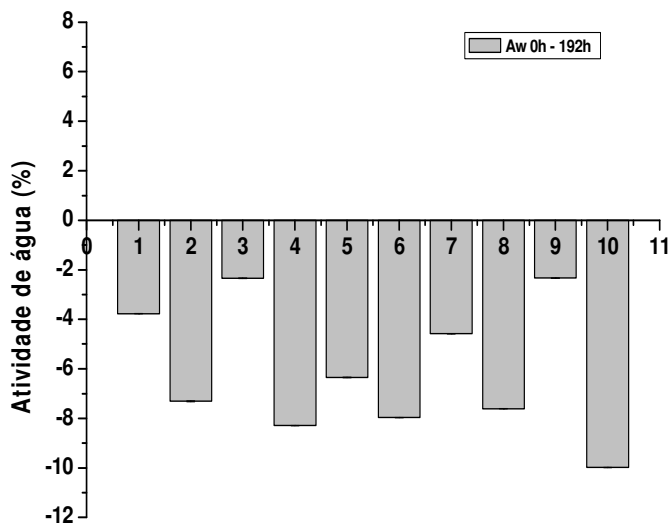


FIGURA 5.21 - PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) ENTRE O INÍCIO E FINAL DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO, EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

Por meio da análise de variância (Apêndice C – Tabela 5.22C), os coeficientes de regressão mostraram que, entre os componentes do biofilme, a interação da fécula de batata e da celulose bacteriana com o glicerol teve maior contribuição na variação da atividade de água no início e final do período de armazenamento (Figura 5.22).

^a1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL).

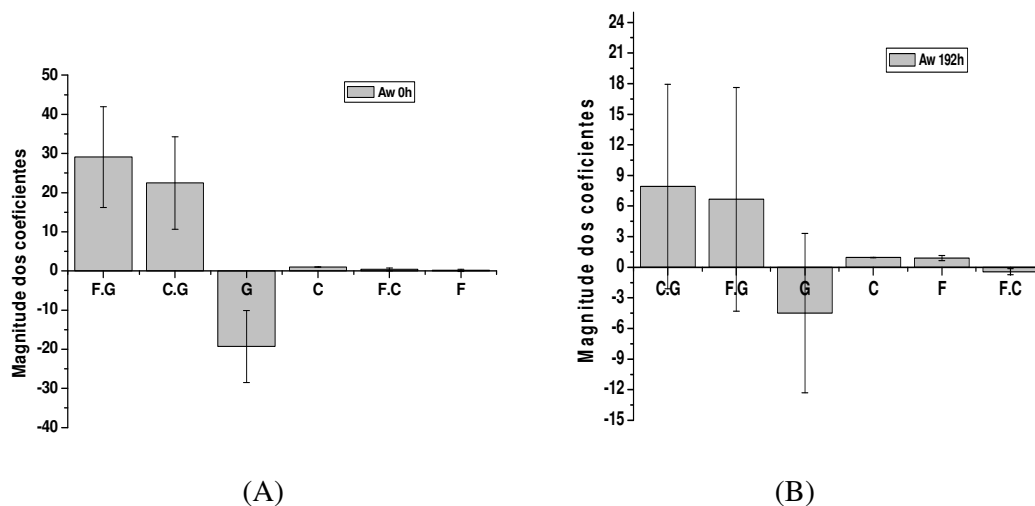


FIGURA 5.22 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A AW DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) AW 0H; (B) AW 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.8 Contagem Padrão de Mesófilos Aeróbios Totais

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não estabelece limites quanto a contagem de mesófilos aeróbios totais para produtos minimamente processados. No entanto, o crescimento excessivo destes contaminantes compromete a aparência, o sabor e o aroma do produto, provocando uma redução na aceitação sensorial. A carga microbiana de 10^6 unidades formadora de colônia por grama de produto (UFC. g^{-1}) foi estabelecida como população limite aceitável, já que em populações superiores a esta, substâncias tóxicas podem ser produzidas (Lee et al., 2003; Vieites et al., 2004; Rojas-Grau et al., 2007b).

As diferentes concentrações dos tratamentos cobertos pelos biofilmes e o período de armazenamento proporcionaram alterações significativas ($p \leq 0,05$) na média da contagem de mesófilos aeróbios totais, confirmado pelo teste F. O teste F corrobora com os valores de p e, mostra falta de significância para fins preditivos para as duas variáveis analisadas (Apêndice C - Tabela 5.23C).

Ao longo do armazenamento houve oscilação na carga microbiana, com aumento em 48h na maioria dos tratamentos, com exceção do 5^e e 10^j que mantiveram o ciclo logarítmico. Foi observado acréscimo na contagem de mesófilos em 96h nos tratamentos 5^e, 6^f, 8^h e 10^j, redução nos tratamentos 1^a e 4^d e, manutenção do ciclo logarítmico em 2^b, 3^c, 7^g e 9ⁱ. Em 144h os tratamentos 2^b e 10^j apresentaram aumento, com declínio no tratamento 5^e e manutenção nos demais tratamentos. Em 192h foi constatado aumento na carga microbiana nos tratamentos 4^d, 6^f, 7^g e 10^j e manutenção em 1^a, 3^c, 5^e, 8^h e 9ⁱ (Tabela 5.24).

TABELA 5.24 – CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

Contagem Mesófilos Aeróbios Totais (UFC.g ⁻¹)*	Tempo	Tratamentos										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M
0		9x10 ¹	2x10 ²	5,2x10 ³	3x10 ²	4x10 ²	3x10 ²	7,6x10 ²	4x10 ²	5,5x10 ³	3,7x10 ³	
		7,3%	2,9%	1,9%	9,1%	9,5%	1,3%	6,3%	9,9%	7,0%	5,4%	1,6x10 ^{3c}
48		3,4x10 ¹	1,2x10 ¹	4,3x10 ⁴	1,3x10 ⁴	7x10 ²	1,7x10 ³	4x10 ⁴	4,0x10 ³	8x10 ²	3x10 ³	
		7,4%	9,1%	3,6%	7,1%	2,1%	1,3%	3,7%	8,3%	3,8%	6,7%	1,5x10 ^{4c}
96		1,2x10 ³	2,3x10 ⁴	4,3x10 ⁴	5x10 ³	2,1x10 ⁴	3,3x10 ⁴	6x10 ⁴	7,1x10 ⁴	6x10 ²	1,2x10 ⁵	
		9,1%	1,1%	8,1%	5,6%	1,4%	6,7%	2,5%	4,6%	6,8%	1,3%	3,7x10 ^{4c}
144		2x10 ^{3a}	1,4x10 ⁵	2x10 ⁴	3x10 ³	1,1x10 ³	5x10 ⁴	5x10 ⁴	4,6x10 ⁴	3x10 ²	4,4x10 ⁶	
		5,9%	1,2%	1,1%	3,4%	2,2%	3,1%	4,0%	4,1%	10%	6,4%	9,2x10 ^{5b}
192		2x10 ^{3a}	7x10 ⁴	1x10 ⁴	3x10 ⁴	4x10 ³	5,3x10 ⁵	5x10 ³	2x10 ⁴	3,1x10 ²	7,1x10 ⁷	
		7,5%	7,3%	2,4%	1,3%	6,2%	6,0%	5,0%	5,9%	4,8%	2,2%	7,2x10 ^{6A}
M		7,8x10 ^c	4,9x10 ^c	2,4x10 ^c	1x10 ^{4c}	5,4x10 ^c	1,2x10 ^c	1,3x10 ^c	2,8x10 ^b	1,5x10 ^c	1,5x10 ^a	

NOTA – *UFC.g⁻¹ = Unidade Formadora de Colônia por grama de morango; M = média. Os valores com letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo coeficiente de variação (%).

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

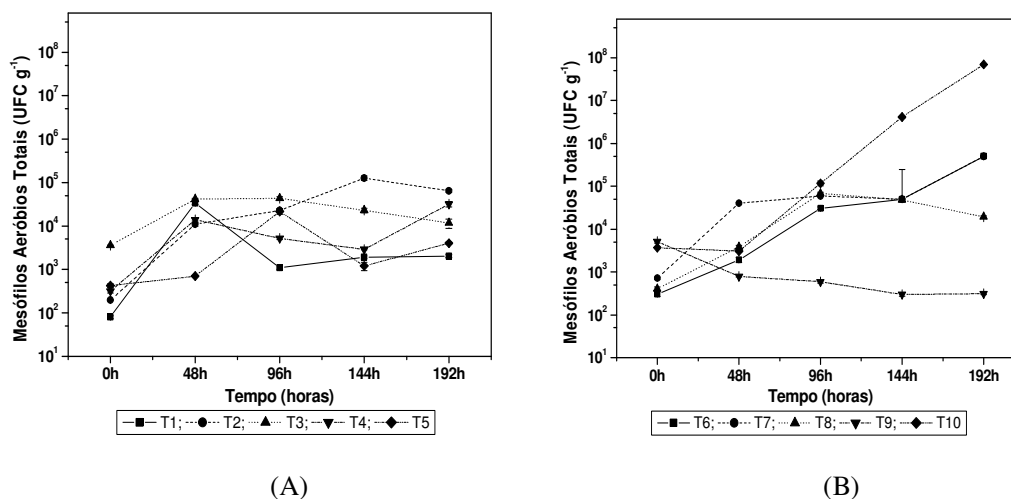


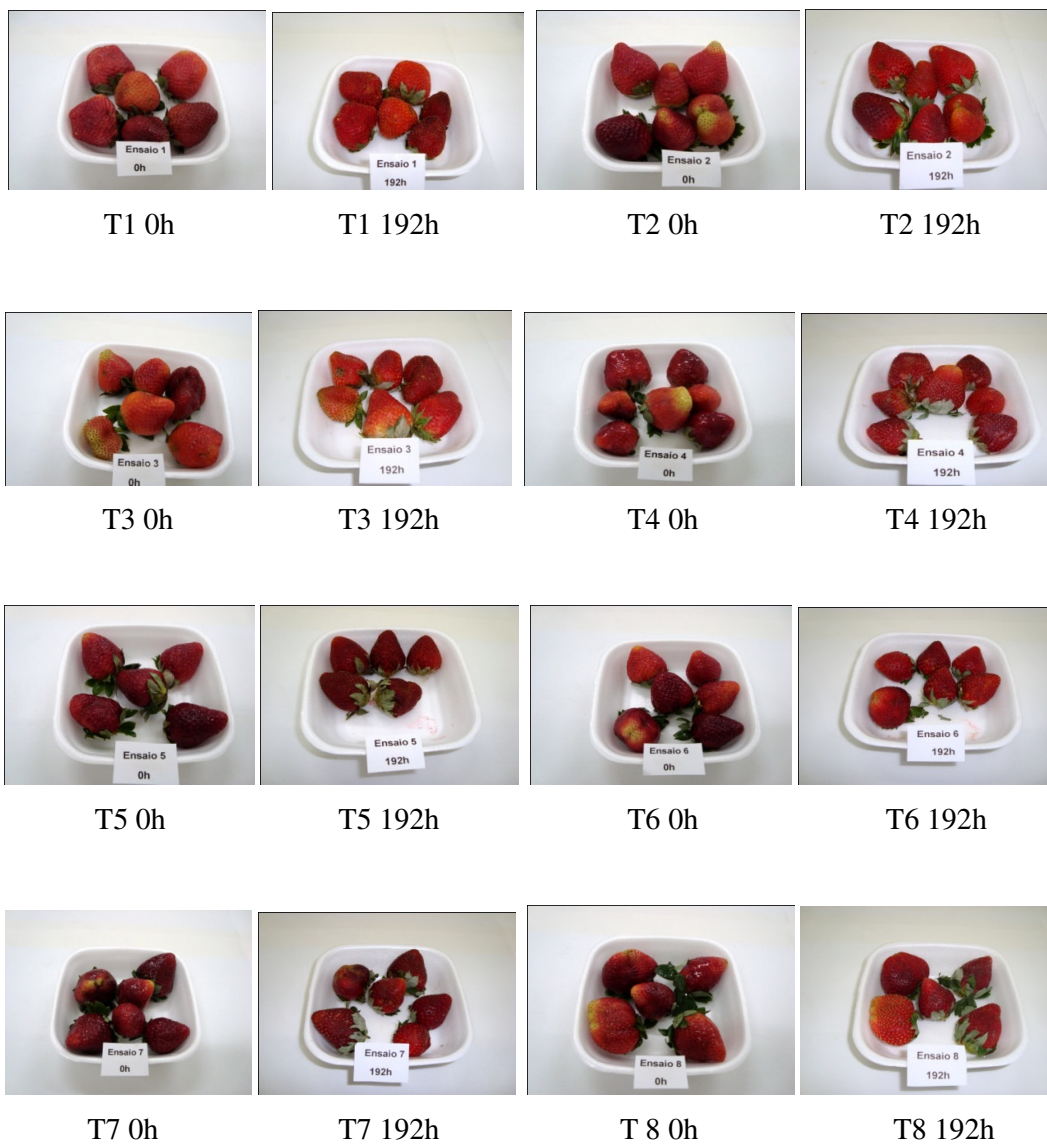
FIGURA 5.23 – EVOLUÇÃO DA CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL), T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

De forma geral, todos os tratamentos com biofilme apresentaram contagem microbiana dentro do limite aceitável de 10^6 UFC.g⁻¹ (Vieites et al., 2004), até o final do período de armazenamento, o que não ocorreu com o tratamento 10^j , chegando ao limite as 144h. A acidez verificada durante o período de estocagem (item 5.4.2 Figura 5.5) não favoreceu o crescimento visível de fungos e pode ter auxiliado a inibição bacteriana (Figura 5.24). A utilização da cobertura promoveu barreira microbiana, mas não inibiu seu desenvolvimento. O uso de películas comestíveis de baixa permeabilidade a gases, como é o caso de polissacarídios, reduz o acesso do oxigênio aos tecidos, minimizando as alterações causadas pela deterioração de microrganismos em frutas processadas (Kester e Fennema, 1986). Entretanto, a evolução da atividade de água, entre os tratamentos, não auxiliou a redução no desenvolvimento microbiano, confirmado pelos altos valores

^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

encontrados para a atividade de água (Item 5.4.7 Figura 5.20). Segundo Oliveira et al. (2008) a aplicação de soro de leite como revestimento comestível em morangos, especialmente na concentração de 100%, reduz a incidência de bolores e leveduras quando combinada com armazenamento a 10°C.



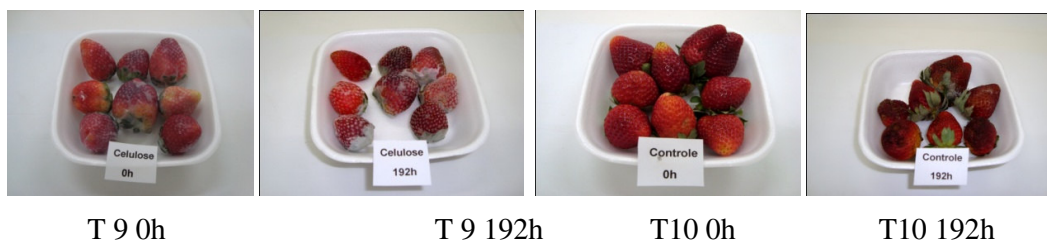


FIGURA 5.24 – MORANGOS COM BIOFILME

Por meio da análise de variância (Apêndice C – Tabela 5.25C), os coeficientes de regressão mostraram as interações da fécula de batata e da celulose bacteriana com o glicerol como os componentes do biofilme com maior influência ($p \leq 0,05$) nos resultados das contagens de mesófilos aeróbios totais, no início do armazenamento. No final, o glicerol demonstrou maior significância ($p \leq 0,05$) entre os componentes do biofilme (Figura 5.25).

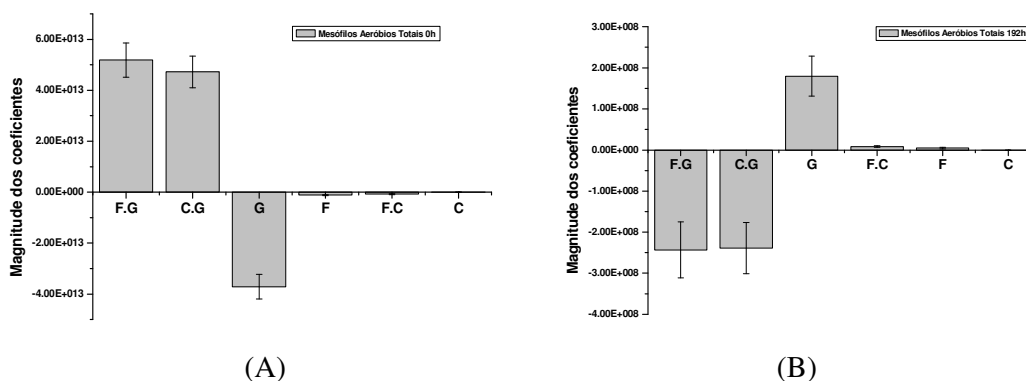


FIGURA 5.25 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS 0H; (B) CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.9 Compostos Fenólicos Totais

Os teores de fenólicos totais foram afetados pelas diferentes concentrações do biofilme entre as médias dos tratamentos e durante o período de armazenamento ($p \leq 0,05$), confirmado pelo teste F, e, no entanto mostra falta de significância para fins preditivos para as duas variáveis analisadas (Apêndice C – Tabela 5.26C).

O tratamento 10^j apresentou valores iniciais de 263,6 mg.L⁻¹ de catequina e, entre os morangos cobertos pelo biofilme foram de 181,3 a 244,7 mg.L⁻¹ de catequina (Tabela 5.27).

O conteúdo de fitoquímicos nos frutos pode ser afetado pelo grau de maturação e condições ambientais durante a colheita, por diferenças genéticas entre cultivares, pela manipulação dos frutos e por condições de estocagem pós-colheita (Chitarra e Chitarra, 2005).

Tabela 5.27 - CARACTERÍSTICAS DOS COMPOSTOS FENÓLICOS EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Tempo (horas)	Tratamentos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M
0	207,9 ±27,2	229,5 ±29,5	244,7 ±16,8	197,4 ±26,6	231,8 ±2,9	241,0 ±22,7	181,3 ±14,3	199,4 ±5,5	205,5 ±0,6	263,6 ±5,8	220,24 ^C
48	303,3 ±17,1	253,8 ±9,7	252,4 ±12	221,7 ±6,4	250,7 ±18,5	255,4 ±2,3	249,4 ±21,1	266,9 ±3,1	208,2 ±0,2	279,4 ±7,7	254,15 ^B
96	286,7 ±9,3	261,4 ±16,3	273,2 ±1,6	311,0 ±26	244,5 ±4,5	266,1 ±14,1	243,2 ±24,2	287,4 ±15,8	213,2 ±0,5	268,4 ±3,6	265,56 ^A
192	267,1 ±14,1	266,9 ±10,5	269,1 ±13,9	235,5 ±9,3	244,8 ±5,5	229,6 ±3,3	264,0 ±6,2	298,4 ±10,6	222,9 ±0,6	293,2 ±4,2	259,20 ^A
M	266,2 ^a b	252,9 ^d d	259,9 ^b c	241,4 ^d e	243,0 ^d d	248,0 ^c d	234,5 ^e e	263,1 ^b b	212,4 ^f f	276,1 ^a a	

NOTA- M = média; C.F. = compostos fenólicos; valores com letras minúsculas iguais na linha e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

Durante o período de armazenamento todos os tratamentos tiveram aumentos nos valores dos compostos fenólicos totais a 48h, com oscilação posterior. Aumentos menores foram observados até as 96h nos tratamentos 2^b, 3^c, 4^d, 6^f, 8^h e 9ⁱ, seguido de redução nos

^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

tratamentos 1^a, 5^e, 7^g e 10^j. A redução pode ser justificada pela intensa oxidação dos compostos fenólicos, acarretando escurecimento nestes tratamentos (Item 5.4.13 – Figura 5.39). As perdas podem ser resultado de alterações metabólicas ou de reações de condensação enzimática ou não enzimática. Os tratamentos 2^b, 5^e, 7^g, 8^h, 9ⁱ e 10^j apresentaram aumento dos valores em 192h (Figura 5.26).

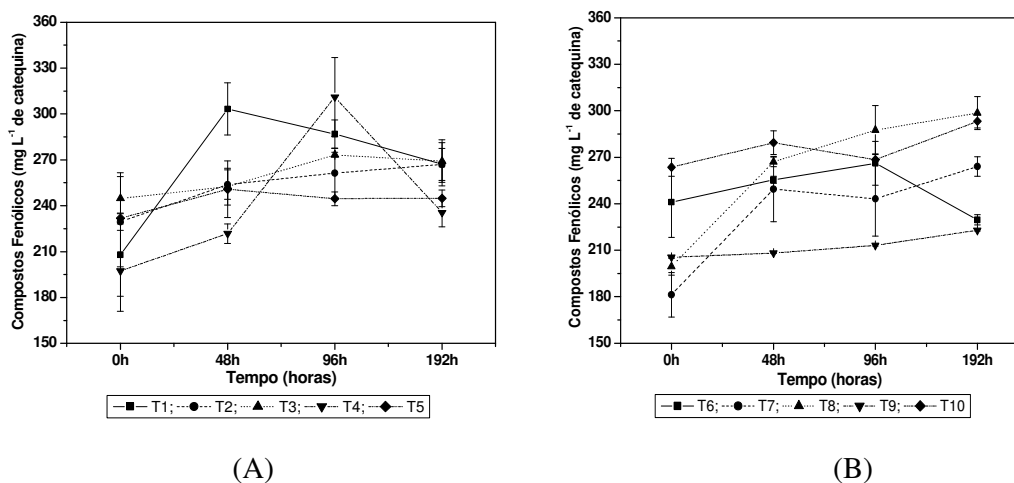


FIGURA 5.26 – EVOLUÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA- (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL), T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Esse aumento pode ser explicado pela indução da biossíntese dos compostos fenólicos com o intuito de formar defesa contra o estresse causado no processamento que foram submetidos os morangos, além do ataque de microrganismos durante o armazenamento, já que não houve outra cobertura. De acordo com Moretti (2007) as

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

primeiras respostas fisiológicas ao estresse, causado pelo processamento mínimo no vegetal, são os aumentos na evolução do etileno e elevação na atividade respiratória, que podem estar interligados com a indução do metabolismo dos compostos fenólicos e com o processo de cicatrização do tecido.

A 192h, os tratamentos 8^h e 7^g apresentaram maiores aumentos nas concentrações dos compostos fenólicos, com 49,6% e 45,6%, respectivamente. O tratamento 10^j mostrou acréscimo de 11,2%. Os acréscimos indicam maiores atividades antioxidantes e menores graus nas reações do escurecimento enzimático dos morangos. Esse fato foi confirmado pela luminosidade (Item 5.4.13) no tratamento 8^h, mas não verificado para o tratamento 10^j. O tratamento 5^e teve menor percentual de variação, 5,6%, entre o início e final do armazenamento. Somente o tratamento 6^f apresentou redução de 4,7% nos teores dos compostos fenólicos (Figura 5.27). A principal perda de compostos fenólicos pode ter ocorrido durante o processamento para análise, devido à oxidação enzimática durante a trituração da fruta.

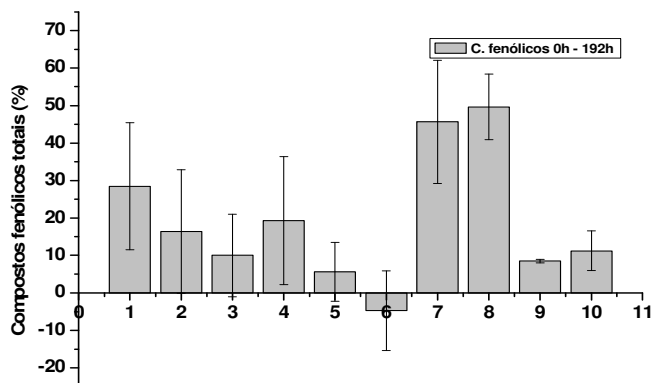


FIGURA 5.27 – PERCENTUAL DE VARIACÃO NA CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS ENTRE OS TRATAMENTOS DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

De modo geral, os biofilmes contribuíram para melhorar a atividade antioxidante dos morangos, por serem formados por polissacarídeos com características a baixa permeabilidade a gases, induzindo à redução as taxas de escurecimento enzimático. O escurecimento enzimático consiste em diversas reações que ocorrem a partir de oxidação enzimática de compostos fenólicos pela ação de polifenoloxidasas (PPO). A reação acontece como resultado de injúrias mecânicas pós-colheita e da desintegração durante o processamento, que permitem o acesso do O₂ aos tecidos e o contato da enzima com o substrato. A principal consequência é a formação de melaninas, pigmentos escuros que prejudicam a aceitação de muitas frutas. Já que o O₂ é requerido para iniciar a reação, a utilização de filmes comestíveis pode ser útil para reduzir as taxas de escurecimento (Martinez e Whitaker, 1995). Assim como neste trabalho, alguns autores obtiveram redução nas taxas de escurecimento enzimático em frutas como resultado da adição de coberturas à base de polissacarídios (Howard e Dewi, 1995; Zhang e Quantick, 1997; Jiang e Li, 2001).

Por meio da análise de variância (Apêndice C – Tabela 5.28C), o coeficiente de regressão mostrou que no início do armazenamento o glicerol foi o componente do biofilme com maior influência, nos resultados dos compostos fenólicos totais. No final, as interações da fécula de batata, da celulose bacteriana com o glicerol foram mais significativas ($p \leq 0,05$) (Figura 5.28).

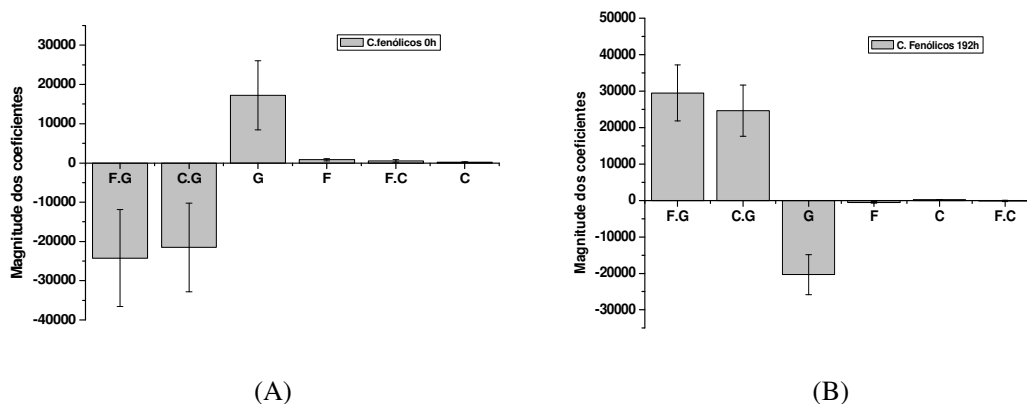


FIGURA 5.28 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE OS COMPOSTOS FENÓLICOS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) COMPOSTOS FENÓLICOS 0H; (B) COMPOSTOS FENÓLICOS 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.10 Antocianinas

Foram observadas diferenças significativas no teor de antocianinas ($p \leq 0,05$) entre as médias dos diferentes tratamentos e para os tempos de armazenamentos (Apêndice C – Tabela 5.29C), confirmado pelo teste F, que mostra falta de significância para fins preditivos entre as duas variáveis analisadas. Estes resultados evidenciam uma forte correlação positiva entre as várias composições de biofilmes que cobriram os morangos e o período de armazenamento, no teor de antocianinas.

Todos os tratamentos demonstraram redução nos teores de antocianinas ao longo do armazenamento, com exceção do tratamento 2^b com aumento em 48h e 4^d em 96h (Tabela 5.30) (Figura 5.29).

TABELA 5.30 – CONCENTRAÇÕES DE ANTOCIANINAS EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Antocianinas de (mg glicosídeo/100g)	Tempo (horas)	Tratamentos										M
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	0	55,4 ±0,2	52,3 ±0,19	41,8 ±0,03	27,7 ±0,01	55,9 ±0,27	52,1± 0,58	42,5 ±0,06	51,4 ±0,30	52,6 ±0,06	57,1 ±0,29	46,6 ^A
	48	36,6 ±0,07	56,1 ±0,10	36,5 ±0,05	27,4 ±0,23	47,9 ±0,28	44,1 ±0,33	41,4 ±0,37	33,9 ±0,17	47,9 ±0,27	53,7 ±0,24	41,4 ^B
	96	29,5 ±0,26	55,5 ±0,05	36,1 ±0,07	35,5 ±0,05	46,8 ±0,49	36,9 ±0,33	36,9 ±0,08	29,4 ±0,27	45,9 ±0,51	43,3 ±0,43	35,2 ^C
	192	23,1 ^a ±0,05	21,5 ±0,22	24,4 ±0,12	21,2 ±0,32	25,3 ±0,43	25,5 ±0,30	28,2 ±0,26	24,1 ±0,26	44,1 ±0,13	30,6 ±0,44	17,8 ^D
	M	36,2 ^f	46,3 ^b	34,7 ^g	27,9 ^h	44,0 ^c	39,6 ^d	37,3 ^e	34,7 ^g	47,6 ^a	46,2 ^b	

NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

O teor de antocianinas é um fator importante na avaliação do ponto de maturação dos morangos, já que muitas vezes a colheita dos pseudofrutos é baseada na cor vermelha superficial, que é resultante do teor de antocianinas presente na epiderme e aquênios (Aaby et al., 2005; Cordenunsi et al., 2002).

^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL).

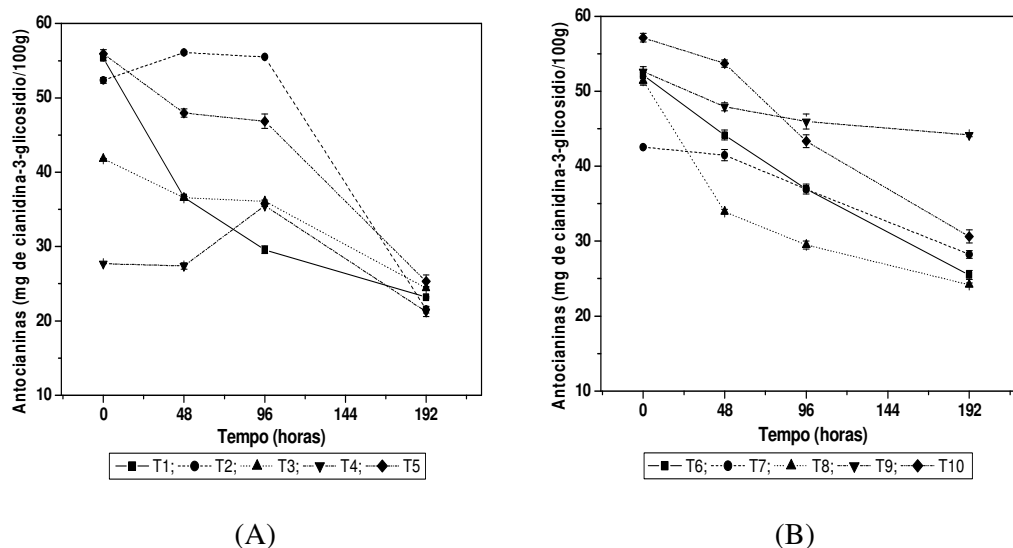


FIGURA 5.29 – EVOLUÇÃO DE ANTOCIANINAS EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); T7 (70,75% FB, 11,75% CB 17,5% GL); T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

O declínio observado pode ser decorrente da influência das antocianinas em relação a temperatura e oxigênio que foram expostos os morangos (armazenados sem proteção a $7^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$), ao aumento gradual da perda de massa (Item 5.4.1 Figura 5.1) e a oscilação no pH durante o período de estocagem (Item 5.4.5 Figura 5.14), ocasionando redução significativa da cor vermelha. Este comportamento também foi verificado no croma a^* (Item 5.4.13 Figura 5.38). González-Martínez et al. (2006) observaram redução na concentração de antocianinas em morangos revestidos com quitosana ao final do período de estocagem. Shin et al. (2007) verificaram a redução no teor dos pigmentos em morangos armazenados a $0,5^{\circ}\text{C}$. García et al. (1998) mostraram relação linear entre a concentração de antocianinas e a razão entre o croma a^* e b^* (b^*/a^*), dos parâmetros de cor de Hunterlab. Quando as antocianinas aumentam, há intensificação do vermelho (a^*) e o amarelo (b^*) diminui, e a razão entre b^*/a^* aumenta durante a estocagem.

Trabalho realizado por Rubinskiene et al., (2005) citam que as antocianinas, de modo geral, são susceptíveis as mudanças de pH, temperatura e enzimas. Kalt et al. (1993) descrevem que a presença de enzimas e a perda de água podem afetar o perfil das antocininas. Moraes et al., (2008) verificaram que a variação nos teores de antocianinas foi em função da alteração da atmosfera de armazenamento, com elevados níveis de CO₂, refletindo no metabolismo dos pigmentos de morangos processados minimamente. Holcroft e Kader (1999) indicam que há relação direta entre a concentração de CO₂ e a redução na síntese de antocianinas.

A menor perda na concentração de antocianinas foi verificada no tratamento 9ⁱ, com 16,03% (Figura 30). Este fato pode ser atribuído a barreira da celulose bacteriana a luz, menor perda de massa, entre os tratamentos (Item 5.4.1 Figura 5.1) e a modificação na atmosfera interna dos morangos na concentração do CO₂ durante o período de estocagem (Item 5.4.14 Figura 5.50). Sanz et al. (1999) citam que a concentração de CO₂ e/ou O₂ podem afetar a síntese e/ou a taxa de degradação das antocianinas. Da mesma forma, Pérez e Sanz (2001) detectaram baixa concentração de antocianinas em morangos cv Caramosa estocado em atmosfera controlada. Reduções menores foram verificadas por Nunes et al. (1995) com diminuição de 43% no conteúdo de antocianinas de morangos não embalados armazenados a 1°C, durante 8 dias. Bobbio e Bobbio (2001) destacam que a destruição das antocianinas é intensa quando o fator luz é combinado com o efeito do oxigênio.

ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

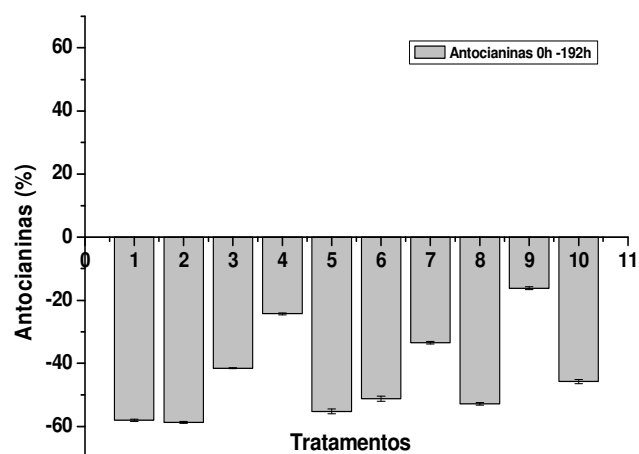


FIGURA 5.30 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO

Porém, nos tratamentos formados por blendas, com maior concentração de celulose bacteriana, o efeito foi contrário, ou seja, houve maiores reduções nos teores de antocianinas, com perdas de 58,8%, 58,1%, 54,7% verificados nos tratamentos 2^b, 1^a e 5^e, respectivamente.

As estimativas dos coeficientes de regressão (Apêndice C - Tabelas 5.31C), da análise de variância, mostram que, entre os componentes do biofilme, as interações da fécula de batata e da celulose com o glicerol tiveram maior influência ($p \leq 0,05$) nos resultados das antocianinas no início do armazenamento. No final, o glicerol foi o componente com maior influência ($p \leq 0,05$) positiva nos resultados das antocianinas, presente nos morangos (Figura 5.31).

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^l 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

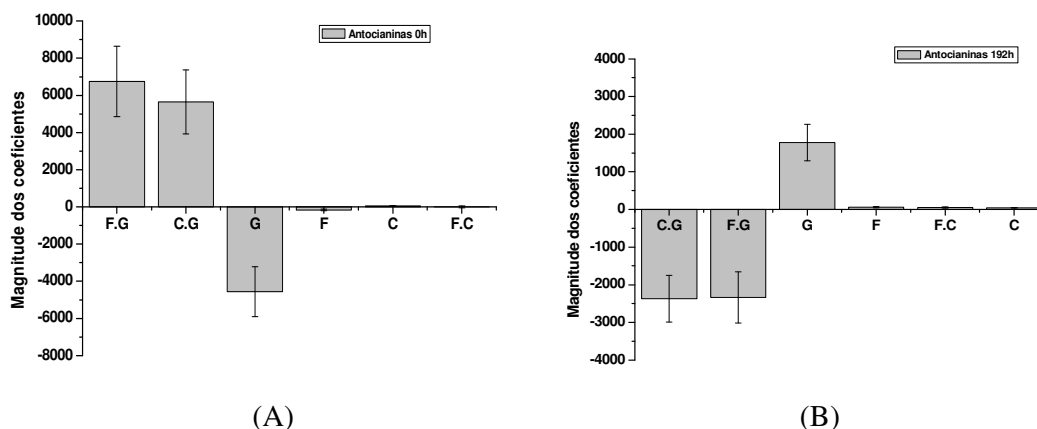


FIGURA 5.31 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE AS ANTOCIANINAS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) ANTOCIANINA 0H; (B) ANTOCIANINA 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.11 Antioxidantes

Diferenças significativas no teor de antioxidantes foram verificadas ($p \leq 0,05$) entre as médias dos diferentes tratamentos, mas não para os tempos de armazenamentos (Apêndice C- Tabela 5.32C). O teste F confirma os valores de p e, mostra falta de significância estatística para fins preditivos para ambas as variáveis.

A maioria dos tratamentos mostrou redução na concentração de antioxidantes às 48h, seguido de aumento em 96h e, declínio em 192h. Os tratamentos 4^d e 7^g mostraram aumento até as 96h e redução até 192h. O tratamento 5^e apresentou redução até 48h, com aumento posterior até 192h. No tratamento 10^j foi verificada redução durante todo o período de armazenamento (Tabela 5.33) (Figura 5.32).

^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

TABELA 5.33 – CONCENTRAÇÕES DE ANTIOXIDANTES EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (horas)	Tratamentos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M
0	103,3 ±0,5	124,2± 1,5	110,1 ±1	60,0 ±0,7	88,2 ±1	87,1 ±0,5	82,2 ±0,7	84,9 ±1,3	109,6 ±1	122,3 ±1,3	97,2 ^B
48	67,7 ±0,3	62,1 ±0,1	65,0 ±0,4	66,0 ±0,3	62,5 ±0,3	63,3 ±0,3	71,0 ±0,1	66,3 ±0,2	97,8 ±0,1	115,6 ±0,2	73,7 ^D
96	113,4 ±2,3	95,7 ±1,3	102,2 ±0	126,6 ±0,8	69,4 ±1	116,4 ±0,6	97,5 ±0,6	115,9 ±0,6	89,9 ±0,3	84,2 ±0,6	101 ^A
192	82,8 ±5,4	67,0 ±6,9	87,9 ±1,1	89,8 ±3,2	81,6 ±4,1	68,6 ±9,2	95,9 ±0,2	96,0 ±2,9	86,9 ±3,3	76,5 ±4,4	83,3 ^C
M	91,8 ^c	87,3 ^d	91,3 ^c	85,6 ^{de}	75,4 ^f	83,8 ^e	86,7 ^d	90,8 ^c	96,1 ^b	99,7 ^a	

NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo respectivo.

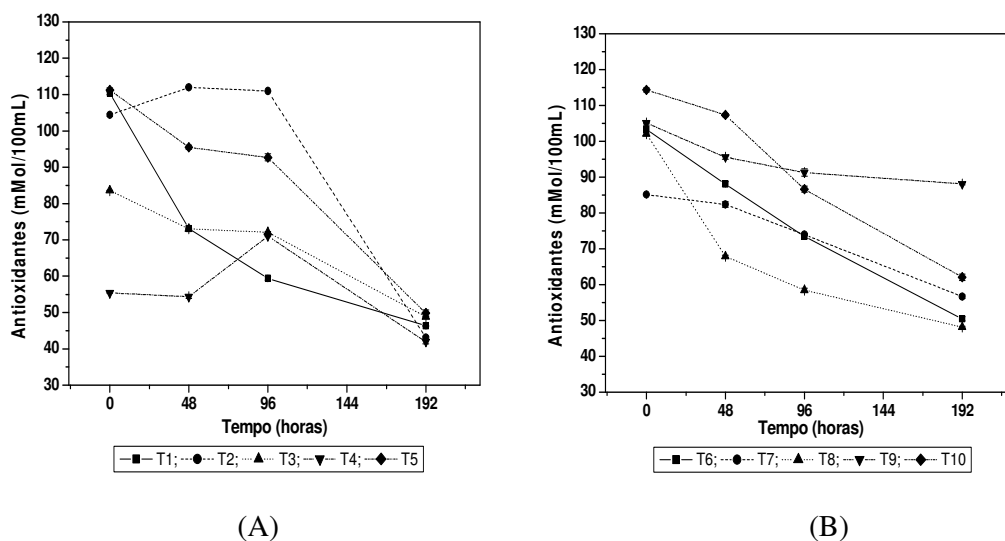


FIGURA 5.32 – EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); T7 (70,75% FB, 11,75% CB 17,5% GL); T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Considerando o início e final do período de armazenamento, os tratamentos 4^d, 7^g e 8^h apresentaram percentuais positivos nas concentrações de antioxidantes, com 49,5%, 16,5% e 13,1%, respectivamente. Os demais tratamentos mostraram redução, sendo o tratamento 2^b com maior declínio na concentração, 46,0% (Figura 5.33).

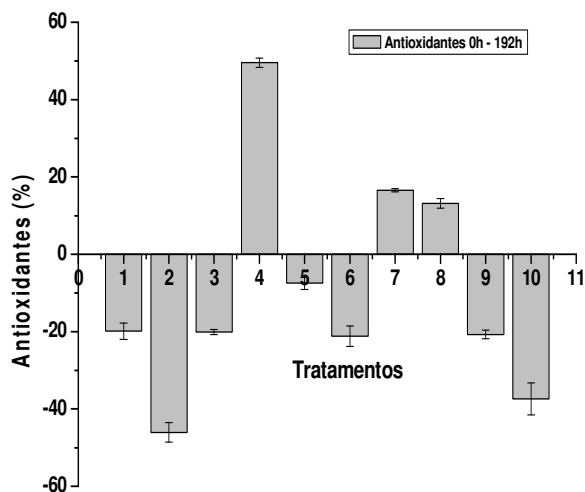


FIGURA 5.33 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE ANTIOXIDANTES ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO EM MORANGO CV FESTIVAL

O aumento da atividade antioxidante nos tratamentos 1^a, 4^d, 7^g e 8^h pode ser efeito dos teores dos compostos fenólicos encontrados nestes tratamentos (Item 5.4.9 Figura 5.26), em decorrência do efeito protetor das células induzida pelo estresse oxidativo para evitar a toxicidade do pseudofruto. O menor percentual de variação de antioxidantes foi de 7,5% no tratamento 5^e. Esse mesmo fato foi verificado na concentração dos compostos fenólicos para esse tratamento (Item 5.4.9 Figura 5.27).

As estimativas dos coeficientes de regressão (Apêndice C – Tabela 5.34C), da análise de variância, mostraram que entre os componentes do biofilme, a celulose e a

^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL).

interação da fécula de batata com a celulose bacteriana tiveram maior influência ($p \leq 0,05$) nos resultados dos antioxidantes presentes no morango no início e, no final do armazenamento a celulose apresentou significância (Figura 5.34).

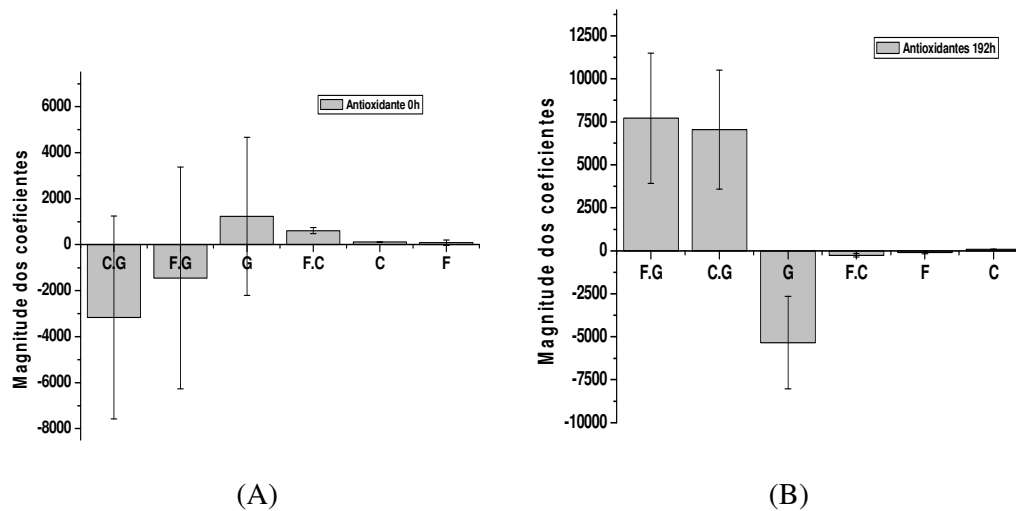


FIGURA 5.34 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE OS ANTIOXIDANTES DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) ANTIOXIDANTES 0H; (B) ANTIOXIDANTES 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.12 Vitamina C

Os teores de vitamina C diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre as médias dos tratamentos e durante o período de armazenamento, confirmados pelo teste F (Apêndice C - Tabela 5.35C). Entre os tratamentos, as concentrações iniciais oscilaram de 42,9 a 59,4 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de ácido ascórbico (Tabela 5.36).

TABELA 5.36 - CARACTERÍSTICAS DA VITAMINA C EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Tempo (horas)	Tratamentos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M
0	42,9 ±0,6	56,3 ±3,2	57,4 ±2,6	59,1 ±1,3	59,4 ±3,2	46,9 ±3,0	54,2 ±3,0	54,8 ±2,0	49,2 ±1,4	44,7 ±1,6	52,5 ^A
48	37,5 ±5,6	46,3 ±3,7	54,3 ±3,3	47,9 ±5,4	47,6 ±3,5	40,7 ±1,2	45,2 ±1,3	54,1 ±4,3	45,2 ±2,2	40,6 ±2,3	45,9 ^B
96	41,4 ±1,4	47,8 ±5,4	42,4 ±1,8	50,4 ±6,8	46,6 ±2,4	42,6 ±2,0	45,8 ±1,8	35,4 ±3,5	42,4 ±2,6	32,2 ±1,7	42,7 ^C
144	46,9 ±6,6	45,9 ±1,8	48,7 ±5,5	43,0 ±2,2	35,4 ±4,2	28,3 ±1,2	42,1 ±1,5	45,3 ±2,6	32,9 ±2,8	30,2 ±1,6	39,9 ^D
192	43,1 ±4,2	44,5 ±2,1	44,5 ±2,5	40,9 ±2,8	35,5 ±3,6	27,6 ±0,3	41,7 ±0,2	42,4 ±2,4	35,8 ±0,9	29,5 ±1,7	38,7 ^D
M	42,4 ^b	48,1 ^a	49,5 ^a	48,2 ^a	44,9 ^{ab}	37,2 ^{cd}	45,8 ^a	46,4 ^a	41,1 ^{bc}	35,4 ^d	

NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

Durante o período de armazenamento todos os tratamentos apresentaram declínio na concentração de vitamina C às 48h, seguido de oscilações nos tratamentos cobertos com biofilmes (Figura 5.35). Os tratamentos 3^c, 5^e, 8^h, 9ⁱ mostraram redução nos teores de vitamina C em 96h e houve aumento nos tratamentos 1^a, 2^b, 4^d, 6^f e 7^g. Em 144h os tratamentos 2^b, 4^d, 5^e, 6^f, 7^g e 9ⁱ apresentaram redução e, os tratamentos 1^a, 3^c e 8^h tiveram aumento nas concentrações de vitamina C. Somente os tratamentos 5^e e 9ⁱ mostraram

^a1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB,17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

aumento nas concentrações de vitamina C entre 96h a 192h. O tratamento 10^j apresentou declínio na concentração de vitamina C durante todo período de armazenamento.

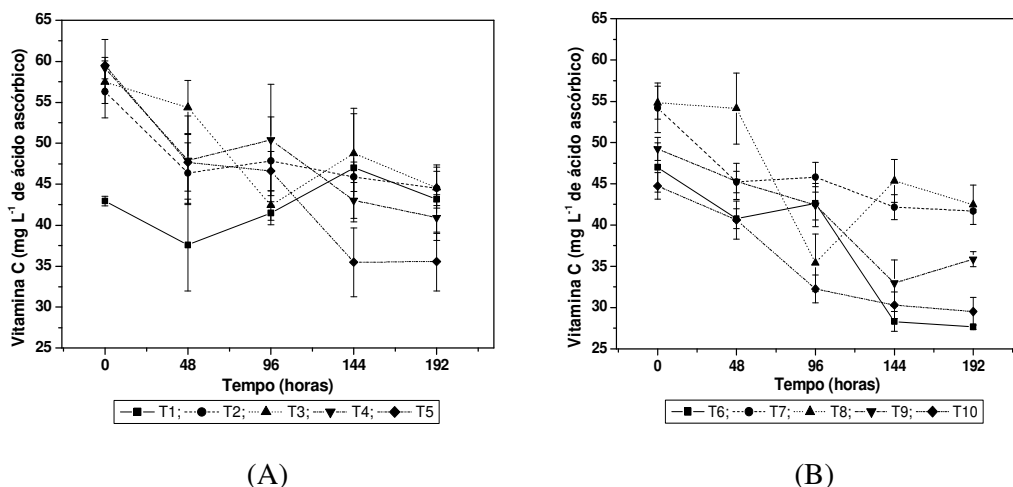


FIGURA 5.35 – EVOLUÇÃO DA VITAMINA C EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL), T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL), T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL), T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL), T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (B) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL), T7 (70,75% FB, 11,75% CB 17,5% GL), T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL), T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL), T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL)

A redução nos teores de vitamina C, durante o período de armazenamento, pode ter ocorrido devido a alta atividade pós-colheita da enzima ácido ascórbico oxidase, envolvidas em reações antioxidativas que se processam durante a senescência dos frutos (Islan et al., 1993) e à menor capacidade dos vegetais sintetizarem esse ácido durante este período (Agius, 2003). Outro fator é a ocorrência do processo de oxidação, quando os morangos foram expostos a produtos que continham halogênios em sua molécula (Wright e Kader, 1997), como os sais de hipoclorito utilizados no processo de sanitização, o hipoclorito de sódio.

Também pode estar associado à degradação de ácidos orgânicos, dentre os quais o ácido ascórbico, durante o processo natural de maturação e senescência (García et al.,

^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

1998) e, ao manuseio durante o processo de sanitização, secagem e cobertura das soluções filmogênicas. Durante o armazenamento, a redução no teor de ácido ascórbico foi verificado por Calegaro et al. (2002), Malgarim (2005), Nunes et al. (2006).

O aumento em alguns períodos do processo de armazenamento pode ter ocorrido em resposta ao estresse oxidativo na manipulação dos morangos para retirada de alíquotas para realização de análise, promovendo aumento da temperatura. A elevação da temperatura acarreta perda de água resultando em maior concentração desse ácido nos seus tecidos (Calegaro et al., 2002). Segundo Nunes et al. (1998), a elevada perda de água durante a armazenagem de morangos tende a mascarar as perdas de ácido ascórbico quando os valores são expressos na base do peso fresco. Nunes et al. (1995) em estudos de pós-colheita de morangos cv. Chandler, Oso Grande e Sweet Charlie, verificaram aparente aumento no conteúdo de ácido ascórbico total, expresso em base do peso fresco durante a armazenagem, e esse fato sugeriu mais à perda de água dos frutos do que ao aumento real nos teores desse ácido. Entretanto, este aspecto pode não ter ocorrido no tratamento 1^a, já que apresentou ao final do armazenamento 3,9% menor que o tratamento 10^j com maior perda de massa de 13,6% e, 1,5% menor que a média entre os outros tratamentos. Outro fator que deve ser considerado são as concentrações elevadas de vitamina C em regiões de alta atividade metabólica no tecido vegetal, resultado de um sistema anti-oxidativo que promove sua biossíntese e está ligada à degradação de pectinas que liberam precursores do ácido ascórbico segundo Agius et al. (2003).

Ao final do período de armazenamento foi observada maior redução na concentração de vitamina C entre os tratamentos com maior concentração de glicerol no biofilme, ou seja, 5^e, 6^f e 7^g, com redução de 40,2%, 41,1% e 23%, respectivamente (Figura 5.36). O tratamento 2^b mostrou menor redução na concentração da vitamina C, 20,9%, o que significa que o estado de conservação foi melhor, mantendo suas características fisiológicas e nutricionais (Yamashita et al., 2006). Segundo Calegaro et al. (2002) isso indica que os demais nutrientes do pseudofruto provavelmente foram preservados, já que a vitamina C é suscetível à degradação.

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL).

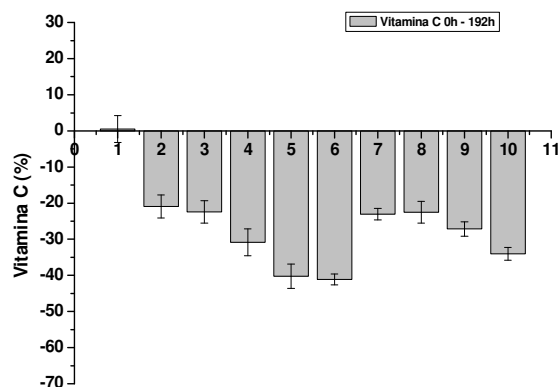


FIGURA 5.36 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE VITAMINA C ENTRE OS TRATAMENTOS DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

Com base nos resultados da análise de variância (Apêndice C Tabela 5.37C), os coeficientes de regressão mostraram que entre os componentes do biofilme, o glicerol apresentou maior influência nos resultados da vitamina C no início e, final do período de armazenamento a celulose e as interações da fécula de batata com a celulose (Figura 5.37).

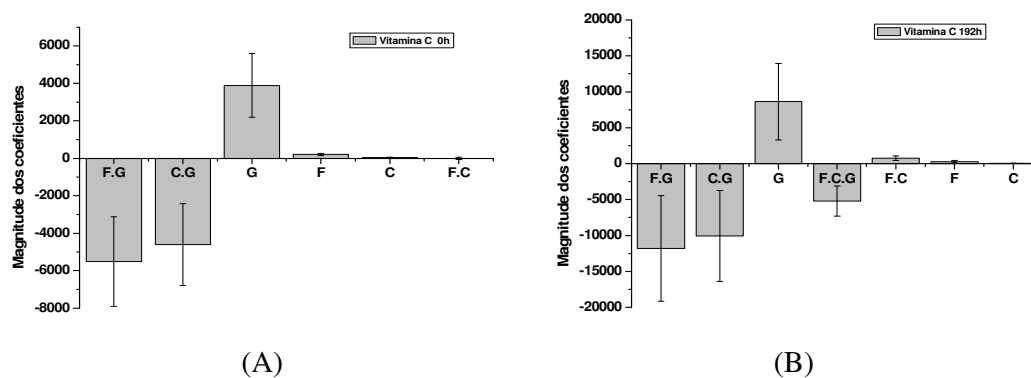


FIGURA 5.37 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE OS COMPOSTOS FENÓLICOS DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) VITAMINA C 0H; (B) VITAMINA C 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.13 Cor

A modificação da cor ocorre durante a vida pós-colheita dos morangos com evidência de amadurecimento, que é acompanhado pela diminuição da luminosidade (L), acréscimo da cor vermelha (a^*) e decréscimo da coloração amarela (b^*). O aumento da razão entre os parâmetros de cromaticidade, Hue Angle (b^*/a^*) indicam uma aceleração na velocidade de senescência dos pseudofrutos (Colla, 2006).

A análise de variância mostrou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias dos tratamentos em todos os parâmetros de cor (Croma, Hue Angle, Luminosidade, a^* e b^*). No entanto, considerando o período de armazenamento foi verificada diferença significativa apenas nos parâmetros luminosidade, a^* e b^* , confirmada pelo teste F (Apêndice C - Tabela 5.38C).

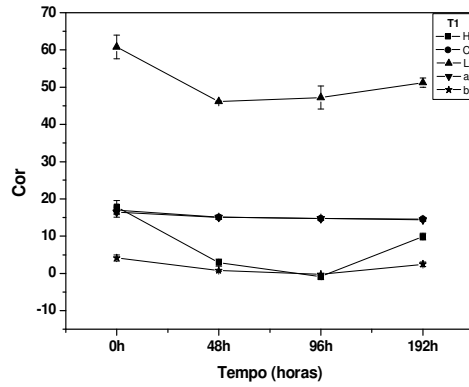
Durante todo período de armazenamento houve oscilação na saturação de cor ou croma, nos tratamentos 2^b, 3^c, 5^e, 7^g e 8^h. Os tratamentos 9ⁱ e 10^j mostraram aumentos e, o 1^a apresentou declínio (Tabela 5.39) (Figura 5.38).

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

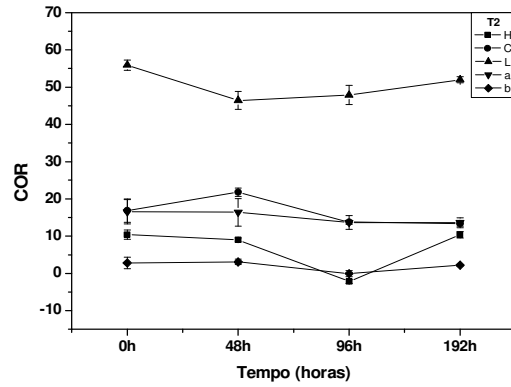
TABELA 5.39 - CARACTERÍSTICAS DA COR EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

	Tempo (horas)	Tratamentos										M
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CROMA	0	16,9 ±1,15	16,8 ±3,16	15,3 ±0,34	18,3 ±0,67	14,4 ±0,18	19,3 ±0,87	16,0 ±0,66	14,1 ±0,84	7,8 ±0,81	11,7 ±0,82	15,1 ^A
	48	15,0 ±0,51	21,8 ±1,11	24,7 ±0,84	17,7 ±0,36	16,6 ±1,61	18,3 ±1,74	20,7 ±1,16	18,7 ±0,39	9,5 ±0,30	12,5 ±1,40	17,5 ^B
	96	14,7 ±0,44	13,7 ±0,51	18,0 ±1,92	14,3 ±0,70	11,5 ±0,14	14,8 ±0,75	12,1 ±1,00	15,7 ±2,06	10,1 ±0,61	15,8 ±0,92	14,1 ^A
	192	14,5 ±0,42	13,4 ±0,73	14,7 ±0,83	17,4 ±0,29	15,3 ±0,76	16,7 ±0,25	12,7 ±0,38	14,6 ±0,38	14,4 ±0,69	16,9 ±0,88	15,1 ^A
	M	15,3 ^b	16,4 ^b	18,2 ^a	16,9 ^{ab}	14,5 ^b	17,3 ^{ab}	15,4 ^b	15,8 ^{ab}	10,5 ^c	14,2 ^b	
HUE ANGLE	0	17,8 ±1,69	10,3 ±1,24	3,8 ±0,15	-8,0 ±1,93	1,3 ±0,30	3,2 ±1,13	2,7 ±0,27	27,2 ±2,54	-8,7 ±1,38	17,7 ±1,31	6,7 ^A
	48	2,8 ±0,93	8,9 ±0,52	9,0 ±0,59	7,1 ±0,33	5,5 ±0,80	2,5 ±0,23	2,7 ±0,67	11,2 ±0,37	-0,1 ±0,46	-9,8 ±1,85	4,0 ^B
	96	-0,8 ±0,76	-2,1 ±0,51	12,2 ±0,06	9,5 ±1,17	8,7 ±0,55	5,0 ±0,90	5,8 ±0,32	2,62 ±0,49	-2,7 ±0,20	-3,8 ±0,19	3,4 ^B
	192	9,9 ±0,89	10,3 ±0,88	11,4 ±1,34	8,0 ±0,52	8,8 ±0,17	8,22 ±0,73	1,3 ±0,45	6,0 ±0,96	2,3 ±0,21	6,1 ±0,38	7,2 ^A
	M	7,4 ^{bc}	6,8 ^c	9,1 ^b	4,1 ^{de}	6,1 ^{cd}	4,7 ^{cd}	3,1 ^{de}	11,7 ^a	-2,3 ^f	2,5 ^e	
L	0	60,7 ±3,2	55,9 ±1,4	54,0 ±3,2	52,5 ±1,6	49,2 ±1,4	55,3 ±4,5	57,9 ±1,6	56,2 ±2,1	67,5 ±1,2	66,7 ±2,0	57,6 ^A
	48	46,1 ±0,4	46,4 ±2,4	43,4 ±0,8	43,6 ±0,7	45,2 ±0,4	45,9 ±1,8	49,2 ±4,3	53,6 ±1,7	61,3 ±0,5	46,9 ±1,5	48,2 ^C
	96	47,2 ±3,1	47,8 ±2,6	47,5 ±0,5	50,7 ±2,8	56,3 ±0,9	57,1 ±1,9	57,8 ±0,9	56,2 ±0,5	59,4 ±3,5	44,7 ±1,3	52,5 ^B
	192	51,2 ±1,2	51,9 ±0,8	47,5 ±7,5	41,7 ±0,1	37,3 ±0,2	43,7 ±6,0	50,0 ±4,3	54,5 ±0,5	64,0 ±1,8	44,4 ±1,2	48,6 ^C
	M	51,3 ^{bc}	50,5 ^{bc}	48,1 ^c	47,1 ^c	47,0 ^c	50,5 ^{bc}	53,7 ^b	55,1 ^b	63,1 ^a	50,7 ^{bc}	
a*	0	16,4 ±1,38	16,5 ±3,23	15,8 ±2,78	14,6 ±0,89	17,1 ±1,57	15,3 ±3,23	14,6 ±0,16	17,5 ±1,4	7,6 ±0,96	17,6 ±1,36	15,3 ^A
	48	15,0 ±0,49	16,4 ±3,68	22,6 ±1,06	24,8 ±0,36	17,2 ±1,24	16,9 ±1,26	16,5 ±1,59	17,9 ±1,71	9,5 ±0,31	-8,9 ±2,94	14,8 ^A
	96	14,7 ±0,43	13,6 ±1,86	15,2 ±2,46	17,2 ±1,99	13,4 ±0,95	12,3 ±1,94	12,5 ±1,80	14,8 ±0,74	9,3 ±1,72	-2,5 ±1,42	12,0 ^B
	192	14,4 ±0,44	13,6 ±1,36	14,1 ±1,24	14,1 ±0,04	16,9 ±0,19	15,8 ±1,59	14,2 ±2,10	12,9 ±0,29	7,4 ±0,52	5,9 ±0,91	12,9 ^B
	M	15,1 ^a	15,0 ^a	16,9 ^a	17,7 ^a	16,2 ^a	15,1 ^a	14,5 ^a	15,8 ^a	8,5 ^b	3,0 ^c	
b*	0	4,1 ±0,8	2,8 ±1,5	0,4 ±1,5	0,2 ±1,2	0,47 ±0,4	8,1 ±0,9	2,4 ±0,9	0,6 ±0,4	-1,6 ±0,7	3,8 ±0,6	2,14 ^A
	48	0,8 ±0,2	3,1 ±0,7	2,8 ±0,4	1,5 ±0,6	0,7 ±0,1	3,3 ±0,5	4,3 ±0,7	-0,9 ±0,3	-0,2 ±0,4	-2,3 ±0,82	1,33 ^B
	96	-0,2 ±0,9	-0,06 ±0,8	3,0 ±0,9	2,1 ±0,3	1,0 ±0,2	0,4 ±0,3	-1,2 ±0,4	1,4 ±0,7	-0,4 ±0,1	-0,8 ±0,2	0,53 ^C
	192	2,4 ±0,6	2,2 ±0,2	2,2 ±0,5	2,6 ±0,04	0,49 ±1,0	1,5 ±0,3	-0,1 ±0,6	-0,5 ±0,4	0,3 ±0,1	1,8 ±0,3	1,31 ^B
	M	1,7 ^{bc}	2,0 ^b	2,1 ^{bc}	1,6 ^{bc}	0,7 ^d	3,3 ^a	1,3 ^c	0,1 ^d	-0,5 ^e	0,6 ^d	

NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo.



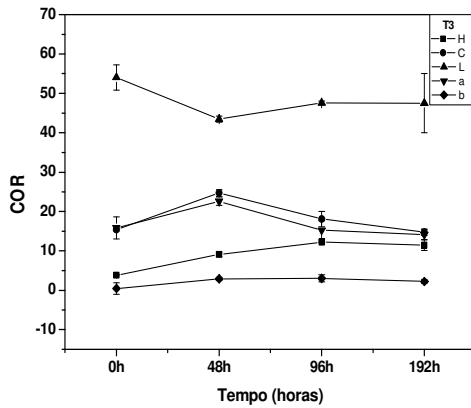
(A)



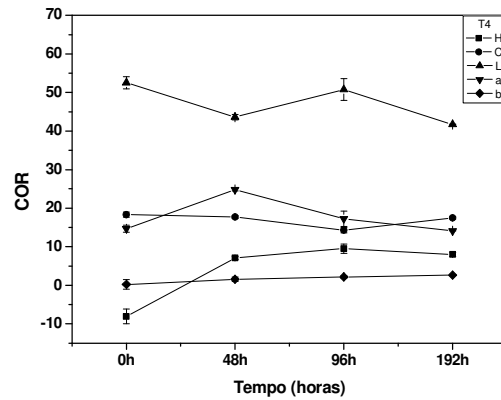
(B)

C	$y = 19.45195 - 2.99633x + 0.44878x^2$	$R^2 = 0,97$
H	$y = 46.5425 - 34.9695x + 6.4425x^2$	$R^2 = 0,99$
L	$y = 59.55409 - 0.26723x + 0.00118x^2$	$R^2 = 0,86$
a*	$y = 16.33391 - 0.02727x + 0.0000590258x^2$	$R^2 = 0,97$
b*	$y = 4.07927 - 0.08453x + 0.000396544x^2$	$R^2 = 0,99$

C	$y = -21.8129 + 62.42657x - 27.21008x^2 + 3.45108x^3$	$R^2 = 1$
H	$y = -31.5 + 74.695x - 38.375x^2 + 5.58x^3$	$R^2 = 1$
L	$y = 55.07309 - 0.1712x + 0.000815775x^2$	$R^2 = 0,83$
a*	$y = 16.90109 - 0.03445x + 0.0000866083x^2$	$R^2 = 0,80$
b*	$y = 2.8 + 0.07524x - 0.00178x^2 + 0.00000715091x^3$	$R = 1$



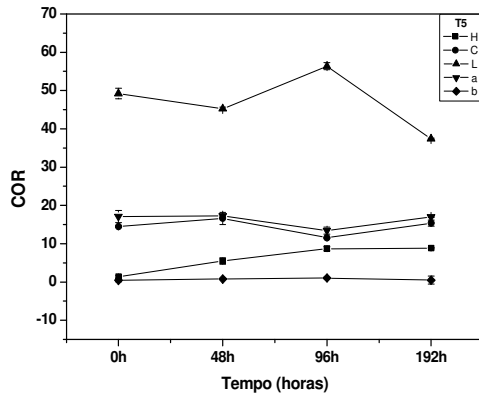
(C)



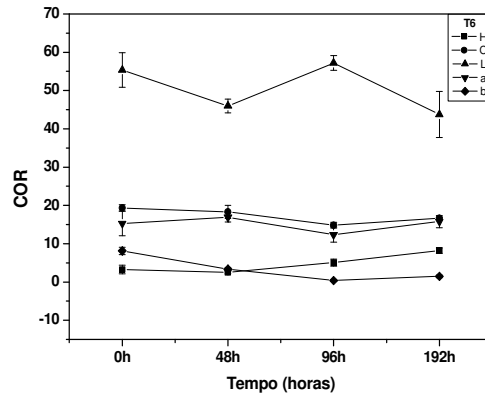
(D)

H	$y = -4.945 + 10.177x - 1.515x^2$	$R^2 = 0,99$
C	$y = 4.53961 + 14.98457x - 3.16841x^2$	$R^2 = 0,70$
L	$y = 54.06 - 0.46389x + 0.00602x^2 - 0.0000196744x^3$	$R^2 = 1$
a*	$y = 15.84 + 0.38609x - 0.00612x^2 + 0.0000211702x^3$	$R^2 = 1$
b*	$Y = 0.60255 + 0.04879x - 0.000211687x^2$	$R^2 = 0,92$

H	$y = -29.3825 + 25.9255x - 4.1725x^2$	$R^2 = 0,98$
C	$y = 6.82798 + 20.672x - 0.73076x^2 + 1.55705x^3$	$R^2 = 1$
L	$y = 52.52 - 0.47696x + 0.00737x^2 - 0.0000269647x^3$	$R^2 = 1$
a*	$y = 14.68 + 0.5103x - 0.0074x^2 + 0.0000246137x^3$	$R^2 = 1$
b*	$y = 0.25655 + 0.02935x - 0.0000879893x^2$	$R^2 = 0,99$



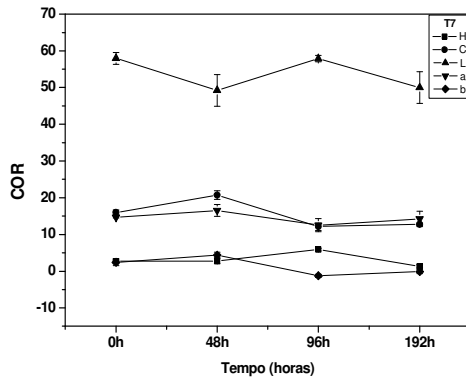
(E)



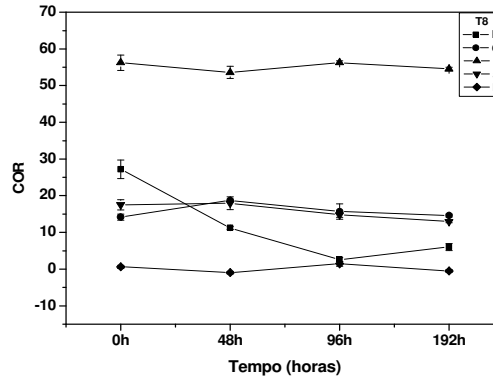
(F)

H	$y = -5.28 + 7.545x - 0.995x^2$	$R^2 = 0,99$
C	$y = -10.74581 + 42.09483x - 19.52919x^2 + 2.65947x^3$	$R^2 = 1$
L	$y = 49.21 - 0.39156x + 0.00799x^2 - 3.26651x^3$	$R^2 = 1$
a*	$y = 17.1 + 0.08648x - 0.00215x^2 + 0.00000881996x^3$	$R^2 = 1$
b*	$y = 0.43782 + 0.0115x - 0.0000581992x^2$	$R^2 = 0,94$

H	$y = 5.26 - 3.087x + 0.965x^2$	$R^2 = 0,98$
C	$y = 23.77791 - 4.76802x + 0.7252x^2$	$R^2 = 0,74$
L	$y = 55.34 - 0.57884x + 0.00976x^2 - 0.000036753x^3$	$R^2 = 1$
a*	$y = 15.31 + 0.15113x - 0.00301x^2 + 0.0000116381x^3$	$R^2 = 1$
b*	$y = 8.19064 - 0.12528x + 0.000470624x^2$	$R^2 = 0,99$



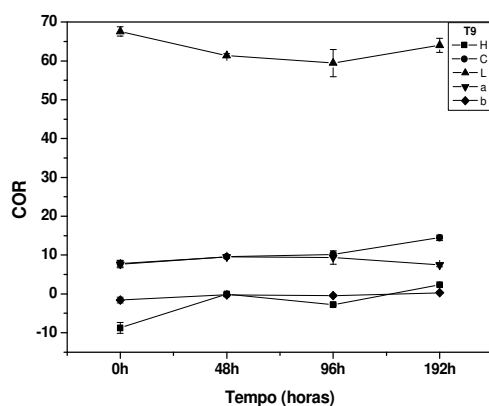
(G)



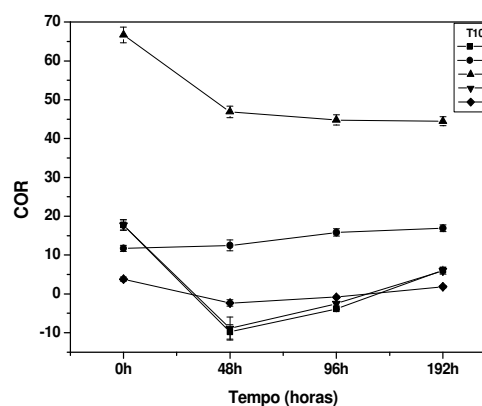
(H)

H	$y = 16.48 - 24.26333x + 12.285x^2 - 1.79167x^3$	$R^2 = 1$
C	$y = -24.69197 + 66.22037x - 29.2889x^2 + 3.76871x^3$	$R^2 = 1$
L	$y = 57.97 - 0.49729x + 0.00796x^2 - 0.000029116x^3$	$R^2 = 1$
a*	$y = 14.67 + 0.14828x - 0.00277x^2 + 0.0000103421x^3$	$R^2 = 1$
b*	$y = 2.43 + 0.18122x - 0.00357x^2 + 0.0000133072x^3$	$R^2 = 1$

H	$y = 54.0475 - 31.4545x + 4.8475x^2$	$R^2 = 0,99$
C	$y = -7.38181 + 33.25026x - 13.26562x^2 + 1.58239x^3$	$R^2 = 1$
L	$y = 56.27 - 0.15078x + 0.0024x^2 - 0.00000866925x^3$	$R^2 = 1$
a*	$y = 17.93909 - 0.02114x - 0.0000284091x^2$	$R^2 = 1$
b*	$y = 0.63 - 0.10628x + 0.00187x^2 - 0.00000701528x^3$	$R^2 = 1$



(I)



(J)

H	$y = -14.4225 + 7.5195x - 0.8925x^2$	$R^2 = 0.73$
C	$y = 8.57362 - 1.15051x - 0.63998x^2$	$R^2 = 0.95$
L	$y = 67.45136 - 0.15429x + 0.000712101x^2$	$R^2 = 0.99$
a*	$y = 7.76791 + 0.04058x - 0.000220072x^2$	$R^2 = 0.94$
b*	$y = -1.46318 + 0.01878x - 0.0000506037x^2$	$R^2 = 0.85$

H	$y = 56.655 - 49.752x + 9.37x^2$	$R^2 = 0.90$
C	$y = 9.87712 + 1.50976x + 0.07844x^2$	$R^2 = 0.94$
L	$y = 65.38118 - 0.37839x + 0.00142x^2$	$R^2 = 0.93$
a*	$y = 17.69 - 1.07748x + 0.01277x^2 - 0.0000389457x^3$	$R^2 = 1$
b*	$y = 3.15855 - 0.10386x + 0.000510969x^2$	$R^2 = 0.77$

FIGURA 5.38 – EVOLUÇÃO DA COR EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

NOTA - (A) T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); (B) T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); (C) T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); (D) T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); (E) T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); (F) T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); (G) T7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); (H) T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); (I) T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); (J) T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Os tratamentos com os maiores aumentos e reduções nos valores do croma foram o 9ⁱ e 2^b, com 84,8% e 20,5%, respectivamente. Porém, entre os tratamentos formados por blenda, o 5^e mostrou maior elevação nos valores do croma, 6,1%, e o tratamento 8^h menor oscilação, 3,3%, entre o início e final do armazenamento (Figura 5.39).

^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

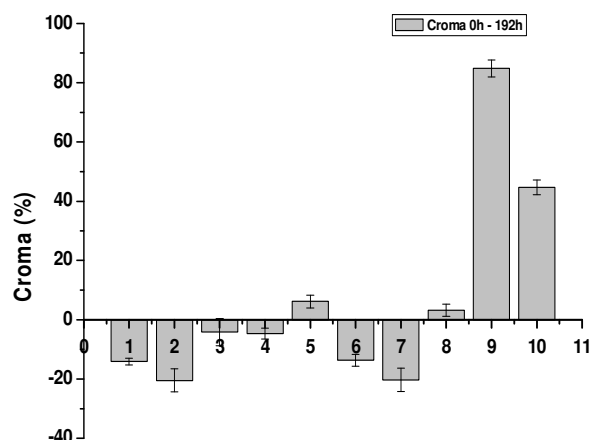


FIGURA 5.39 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NOS VALORES DO CROMA ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO

As reduções nos valores do croma mostraram maior impureza da cor durante o período de conservação, apontado pela saturação de cor na superfície dos morangos. Segundo Cocozza (2003), a pureza pode ser definida pela saturação de cor baseada em escala de 0 a 60, em que os valores mais próximos de 0 (zero) sugere impureza de cor, menor limpidez, e os valores mais próximos de 60, cor nítida ou pura. Nos morangos, as impurezas na cor podem estar associadas ao efeito visual opaco ou à perda de brilho na cor vermelha dos morangos durante sua conservação.

O aumento no teor de compostos fenólicos no tratamento 7 (Item 5.4.9 Figura 5.26) sugere que possíveis agentes interferentes possam ser responsáveis pelo aumento na intensidade de cor vermelha e saturação de cor (aumento de impureza). Esses efeitos negativos contribuem na escolha do consumidor, principalmente na rejeição daqueles morangos que apresentam cor descaracterizada ou atípica, em relação ao produto recém-colhido com aspecto de frescor (Costa, 2006).

Por meio da análise de variância, os coeficientes de regressão dos valores do croma (Apêndice C Tabela 5.40C) mostraram que as interações da fécula de batata, da celulose bacteriana com o glicerol tiveram maior influência ($p \leq 0,05$) no início e, no final do período de armazenamento a celulose bacteriana (Figura 5.40).

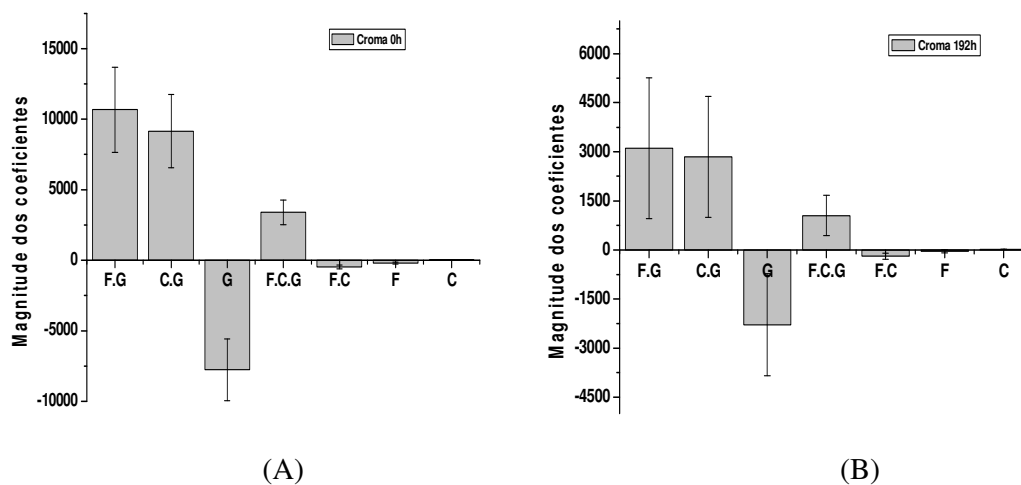


FIGURA 5.40 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O CROMA DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) CROMA 0H; (B) CROMA 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

As modificações de cor dos morangos foram acompanhadas pelo Hue Angle (b^*/a^*), ou seja, pela razão entre os parâmetros de cromaticidade. Aumento nos valores de Hue Angle foi observado nos tratamentos 3^c e 5^e às 48h, após houve elevação nos tratamentos 3^c, 4^d, 5^e, 6^f, 7^g, 9ⁱ e 10^j às 96h, seguido pelo acréscimo nos tratamentos 1^a, 2^b, 5^e, 6^f, 8^h e 10^j as 192h (Figura 5.38). Estes aumentos indicam aceleração no amadurecimento dos morangos. No entanto, deve-se ressaltar que os tratamentos com celulose bacteriana poderiam ter intensificado a cor dos morangos, já que a coloração da

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

solução filmogênica formada apresentou coloração amarelada (Figura 5.41) sugerindo, assim, um resultado falso positivo para o amadurecimento dos morangos.

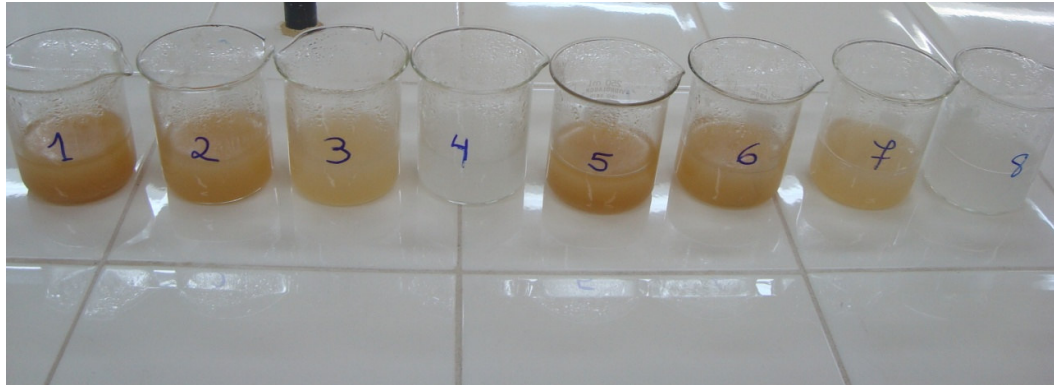


FIGURA 5.41 – COLORAÇÃO DA SOLUÇÃO FILMOGÊNICA

Os tratamentos com maiores aumentos nos valores de Hue Angle durante o período de armazenamento, em ordem decrescente, foram 5^e, 3^c e 6^f, ou seja, 541,6%, 220,1% e 151,4%, respectivamente. O tratamento 4^d mostrou menor razão entre os valores de b*/a* (Hue Angle), com 199,1% (Figura 5.42).

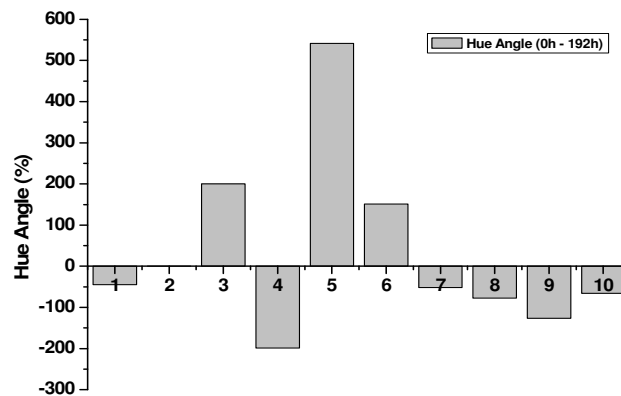


FIGURA 5.42 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE HUE ANGLE ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO

^e 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL)

Por meio da análise de variância (Apêndice C Tabela 5.41C), no início e final do período de armazenamento, as estimativas dos coeficientes demonstram que o glicerol apresentou maior influência nos resultados de Hue Angle (Figura 5.43).

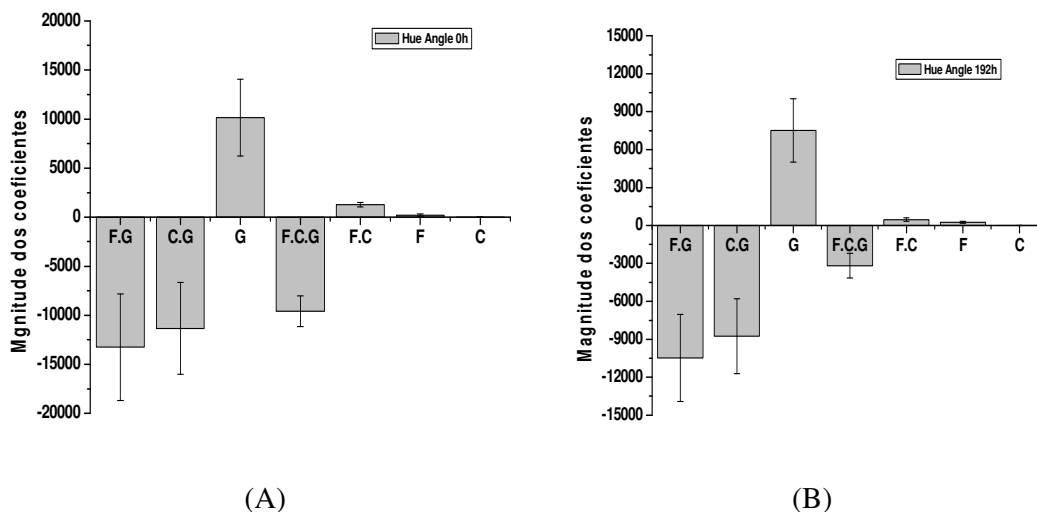


FIGURA 5.43 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O HUE ANGLE DURANTE O ARMAZENAMENTO DOS MORANGOS: (A) HUE ANGLE 0H; (B) HUE ANGLE 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

Os valores de L^* indicam a luminosidade na faixa de 100 (branco) a 0 (preto), que o diferencia em claro e escuro. Todos os tratamentos apresentaram redução na luminosidade às 48h, seguido de aumento às 96h, com exceção dos tratamentos 9ⁱ e 10^j. Após 96h, foi observado oscilação, ou seja, os tratamentos 1^a, 2^b e 9ⁱ apresentaram aumento, 4^d, 5^e, 6^f, 7^g e 8^h mostraram redução, e os tratamentos 3^c e 10^j apresentaram

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

estabilidade na luminosidade (Figura 5.38). Acredita-se que a tendência de elevação da luminosidade, ao final do período de armazenamento, possa ser devido ao aumento do índice de refração ocasionado pela perda de compartimentação e pelo acréscimo da umidade nestes tratamentos (Reis et. al., 2008), atraídos pela presença da celulose bacteriana.

O tratamento 10^j apresentou maior escurecimento ao longo do período de armazenamento, com elevação de 33,3%, provavelmente devido à atividade metabólica observada nos resultados de perda de massa (Item 5.4.1 Figura 5.1), concentração de vitamina C (Item 5.4.12 Figura 5.35) e antocianinas (Item 5.4.10 Figura 5.29). O menor escurecimento foi observado no tratamento 8^h com variação de 3,1% no decorrer do armazenamento (Figura 5.44). O valor de L* é um indicador de escurecimento ao longo do armazenamento, que pode ser causado tanto por reações oxidativas quanto pelo aumento da concentração de pigmentos (Moraes, 2008).

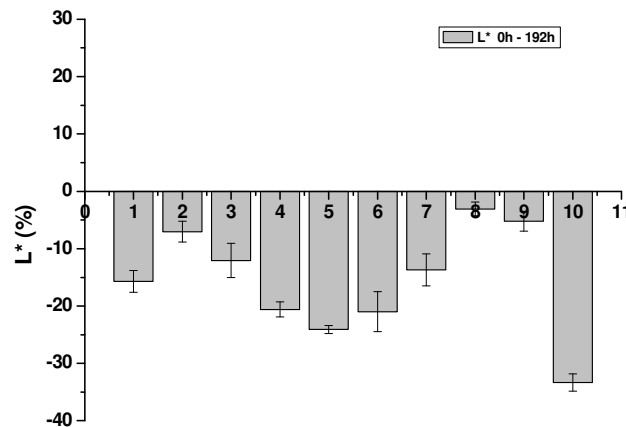
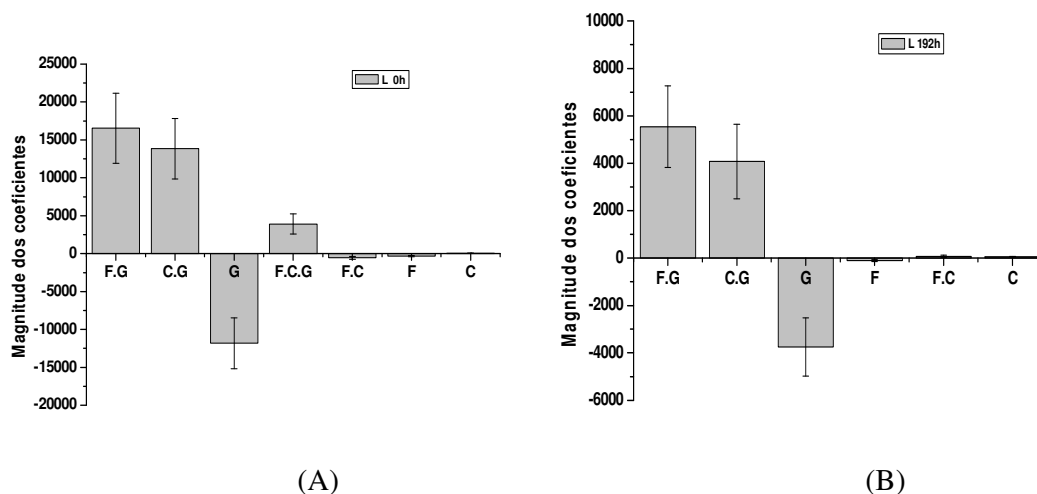


FIGURA 5.44 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS VALORES DA LUMINOSIDADE ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO

^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Por meio da análise de variância (Apêndice C Tabela 5.42C), as estimativas dos coeficientes de regressão mostraram que, no início e final do armazenamento, as interações da fécula de batata, da celulose bacteriana com o glicerol tiveram maior influência ($p \leq 0,05$) nos resultados da luminosidade (Figura 5.45).



(A) (B)
 FIGURA 5.45 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A LUMINOSIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) LUMINOSIDADE 0H; (B) LUMINOSIDADE 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

O croma a^* relacionada à intensidade de cores, com variação do verde (- 60) ao vermelho (+ 60), mostraram aumento da cor vermelha nos tratamentos 3^c, 4^d, 5^e, 6^f, 7^g, 8^h e 9ⁱ às 48h, com exceção dos tratamentos 1^a, 2^b e 10^j. Em seguida foi observado declínio em todos os tratamentos cobertos pelo biofilme às 96h e, os tratamentos com maior

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0% CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

concentração de celulose bacteriana continuaram a apresentar redução nos valores de a^* até as 192h (Figura 5.38). Esses resultados sugerem uma estabilidade na cor dos morangos, provavelmente ocasionado pelas oscilações no pH (Item 5.4.5 Figura 5.14) durante o período de armazenamento. Holcrot e Kader (1999) calcularam que mudanças no pH de 3,21 para 3,81 poderiam significar alterações na forma flavulina (cátion de cor vermelha) de 37% para 13% e, concluíram que a redução do pH melhora a estabilidade das antocianinas e na cor dos morangos.

As maiores variações nos valores de a^* (Figura 5.46), ao longo do armazenamento, foram verificadas no tratamento 6^f, com 3,2%, pela intensificação da cor vermelha e, redução de 66,2% no tratamento 10^j. Entretanto, essa redução pode ter ocorrido devido ao ressecamento da epiderme pela perda de água (Item 5.4.1 Figura 5.1) favorecendo a diminuição na coloração vermelha. Segundo Mali et al. (2003) em frutos em que a perda de peso é particularmente alta, a perda de água pode criar mudanças morfológicas e até afetar a qualidade da cor. O tratamento 5^e apresentou menor variação na coloração, redução de 1,16%, durante o armazenamento, ou seja, atributo de qualidade desejável em morangos, pois o escurecimento dos frutos compromete seu aspecto visual e, portanto, sua aceitação pelo consumidor (Calegaro et al., 2002).

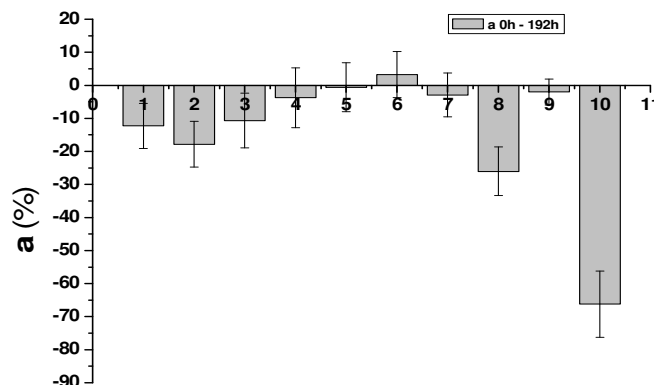
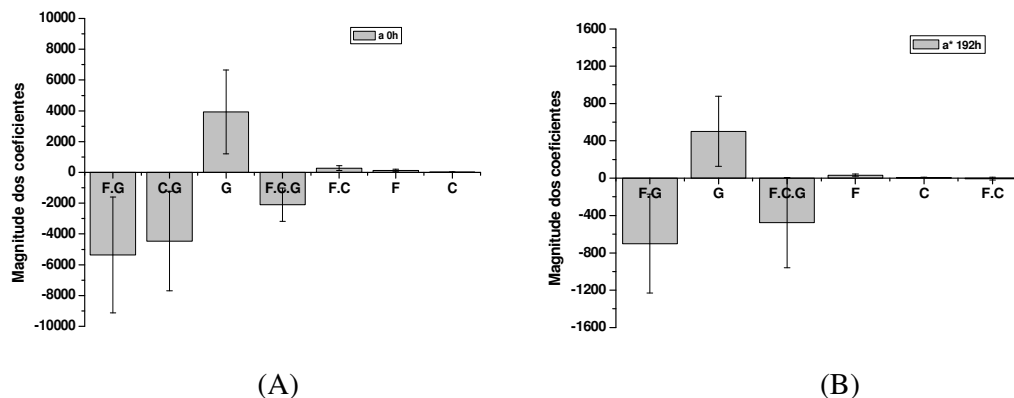


FIGURA 5.46 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS VALORES DO CROMA a^* ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO

^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Por meio da análise de variância (Apêndice C Tabela 5.43C), as estimativas dos coeficientes de regressão mostraram a celulose como o componente do biofilme com maior influência ($p \leq 0,05$) nos valores do croma a^* no início e, no final do período de armazenamento a fécula de batata e a celulose bacteriana (Figura 5.47).



NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

FIGURA 5.47 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O CROMA a^* DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) CROMA a^* 0H; (B) CROMA a^* 192H

O croma b^* , com variação das cores do azul (- 60) a amarelo (+ 60) mostrou, ao longo do armazenamento, resultados positivos, mas próximo do zero, ou seja, indicando uma coloração levemente amarelada em alguns tratamentos, durante todo período de armazenamento (Tabela 5.39).

Os tratamentos 2^b, 3^c, 4^d, 5^e, 7^g e 8^h mostraram acréscimo nos valores de b^* às 48h e, somente os tratamentos 1^a, 6^f, 9ⁱ e 10^j apresentaram redução. Após, houve aumento nos

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

tratamentos 3^c, 4^d, 5^e, 8^h e 9ⁱ e, redução nos tratamentos 1^a, 2^b, 6^f, 7^g e 10^j às 96h. Em seguida, foi observado elevação nos tratamentos 1^a, 2^b, 4^d, 6^f e 10^j, e redução nos tratamentos 3^c, 5^e, 7^g, 8^h e 9ⁱ até 192h (Figura 5.38).

O tratamento 4^d e 3^c apresentaram, ao longo do período de armazenamento, as maiores porcentagens de variação positiva nos valores do croma b*, ou seja, indicaram maiores aumentos da coloração amarela em relação aos outros tratamentos, com 1137,2% e 400,5%, respectivamente (Figura 5.48). Malgarim et al.(2006), encontraram valores para o parâmetro b* entre 16,35 e 23,17. Reis et al. (2008) verificaram valores de 12,77 a 19,17 para o croma b*, valores altos em relação aos do presente trabalho, que foram entre 0,11 a 8,15 durante o período de armazenamento.

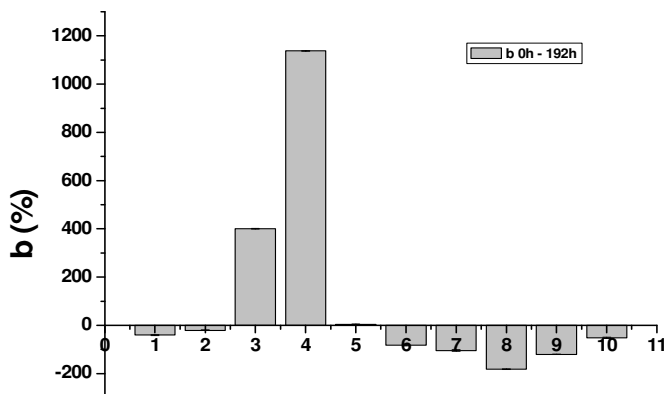


FIGURA 5.48 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO DOS VALORES DO CROMA b* ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB,17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

Por meio da análise de variância (Apêndice C Tabela 5.44C), as estimativas dos coeficientes de regressão mostraram as interações da fécula de batata, da celulose bacteriana com o glicerol e, dos três componentes com maior influência nos resultados do cromatograma b* no início e final do período de armazenamento (Figura 5.49).

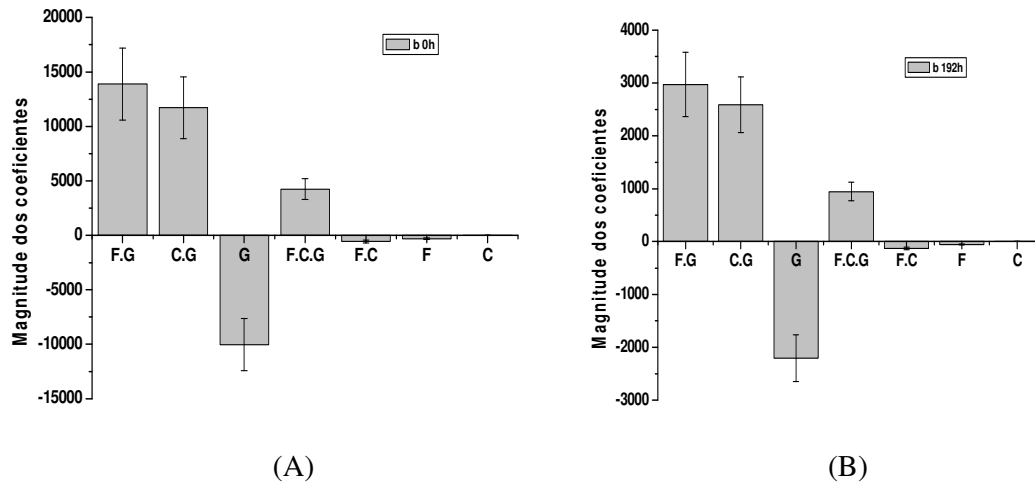


FIGURA 5.49 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE O CROMA b* DURANTE O ARMAZENAMENTO: (A) CROMA b* 0H; (B) CROMA b* 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol

5.4.14 Atividade Respiratória

As diferentes concentrações utilizadas na composição dos biofilmes promoveram alterações significativas ($p \leq 0,05$), nos teores de CO_2 e O_2 entre as médias dos tratamentos e, durante o período de armazenamento somente para o O_2 , confirmado pelo teste F (Apêndice C - Tabelas 5.45C e 5.46C).

A concentração inicial de CO_2 , entre os tratamentos cobertos com biofilme, variaram de $16,1 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a $25,8 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, enquanto o O_2 teve variação de $29,7 \text{ mgO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a $35,6 \text{ mgO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. No tratamento 10^j a taxa foi de $24,9 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ e $28 \text{ mgO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, ou seja, valores abaixo para o O_2 , do máximo encontrado entre os

^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

tratamentos cobertos pelo biofilme, acelerando o consumo de O₂ inicial devido o processamento (Tabelas 5.47 e 5.48).

TABELA 5.47 – CONCENTRAÇÕES DE CO₂ NA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM MORANGO CV FESTIVAL, COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

	Tempo (horas)	Tratamentos										M
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CO ₂ (mg.Kg ⁻¹ .h ⁻¹)	0	20,8 ±0,9	23,1 ±0,8	24,8 ±1,0	25,7 ±3,3	16,0 ±0,4	24,5 ±0,6	22,1 ±0,2	25,7 ±1,0	25,7 ±0,3	24,8 ±1,2	23,3 ^B
	48	21,9 ±0,5	18,2 ±0,8	17,0 ±0,4	23,8 ±0,5	17,7 ±0,6	16,5 ±0,7	18,6 ±1,1	24,9 ±1,0	21,7 ±1,1	25,6 ±0,7	20,6 ^C
	96	16,1 ±1,1	18,5 ±1,8	16,3 ±0,4	21,2 ±0,4	12,1 ±0,7	12,9 ±1,1	14,3 ±1,2	15,1 ±1,2	13,0 ±0,7	30,2 ±0,9	17,0 ^D
	144	12,5 ±0,2	13,8 ±0,4	17,8 ±0,9	18,9 ±0,6	12,2 ±0,4	19,4 ±0,6	17,0 ±1,3	16,6 ±1,5	19,3 ±0,3	22,8 ±0,9	17,0 ^D
	192	37,2 ±0,4	30,4 ±1,4	21,3 ±4,3	20,2 ±1,1	35,9 ±1,3	24,3 ±0,4	37,4 ±0,5	41,7 ±0,4	16,8 ±0,4	30,0 ±2,3	29,5 ^A
	M	21,7 ^c	20,8 ^c	19,4 ^d	21,9 ^c	18,8 ^d	19,5 ^d	21,9 ^c	24,8 ^b	19,3 ^d	26,7 ^a	

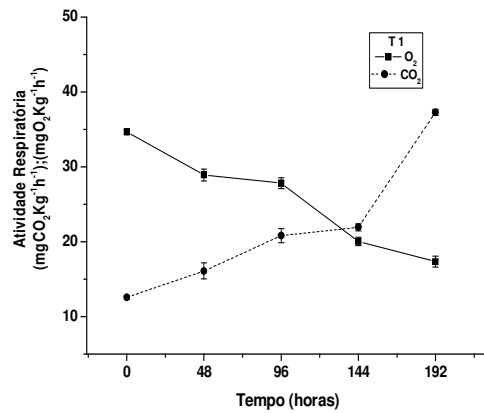
NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

TABELA 5.48 – CONCENTRAÇÕES DE O₂ NA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM MORANGO CV FESTIVAL, COBERTO COM BIOFILME DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

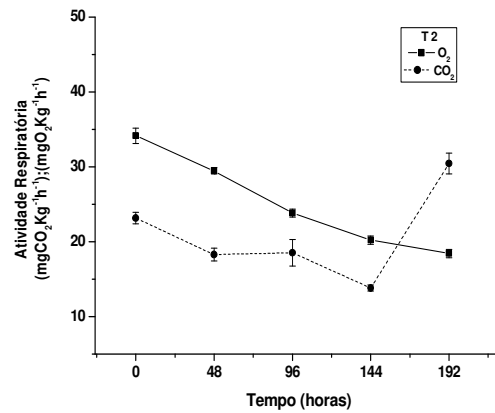
	Tempo (horas)	Tratamentos										M
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
O ₂ (mg.Kg ⁻¹ .h ⁻¹)	0	34,6 ±0,3	34,1 ±1,0	30,5 ±0,9	29,8 ±0,3	29,9 ±0,5	33,9 ±1,0	30,8 ±0,3	35,6 ±0,7	29,7 ±0,5	28,0 ±0,7	31,7 ^A
	48	28,9 ±0,8	29,4 ±0,4	29,0 ±0,5	25,9 ±0,3	27,7 ±0,2	28,9 ±0,6	31,2 ±0,2	31,2 ±0,9	28,4 ±0,6	18,6 ±1,1	27,9 ^B
	96	27,8 ±0,7	23,8 ±0,5	29,1 ±0,3	26,0 ±0,4	28,3 ±0,5	26,6 ±0,7	28,0 ±0,2	30,2 ±0,4	27,8 ±0,6	18,4 ±0,3	26,6 ^C
	144	20,0 ±0,6	20,2 ±0,6	28,4 ±0,5	23,6 ±0,4	21,5 ±0,6	25,5 ±0,3	24,0 ±0,7	33,5 ±0,5	25,9 ±0,4	16,3 ±0,4	23,9 ^D
	192	17,3 ±0,7	18,4 ±0,6	25,9 ±0,5	22,0 ±0,6	16,8 ±1,0	23,9 ±0,4	23,3 ±0,4	18,1 ±0,8	26,6 ±0,4	14,8 ±0,7	20,7 ^E
	M	25,7 ^c	25,2 ^{ef}	28,6 ^b	25,4 ^{ef}	24,8 ^f	27,7 ^c	27,5 ^c	29,7 ^a	27,7 ^d	19,2 ^e	

NOTA – M = média; valores com letras minúsculas iguais na linha e valores com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05), em nível de confiança de 95%. São apresentados os valores médios das triplicatas de cada tempo e respectivo desvio padrão.

A concentração de CO₂ apresentou oscilação durante o período de armazenamento, com redução em 48h na maioria dos tratamentos, com exceção do 1^a, 5^e e 10^j. As 96h foram observadas declínio pela maioria e, somente, o tratamento 10^j mostrou aumento. Em 144h de armazenamento foi verificado aumento nos tratamentos 3^c, 6^f, 7^g, 8^h e 9ⁱ, com redução em 1^a, 2^b, 4^d e 10^j. No final do período, houve aumento em todos os tratamentos, com exceção do tratamento 10^j (Figura 5.50).

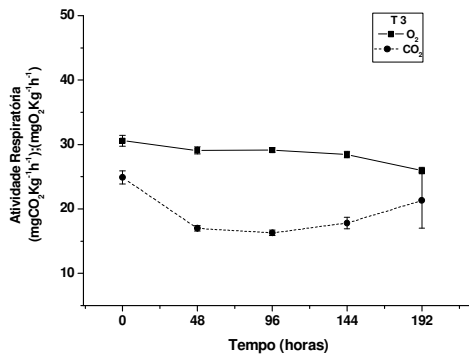


T1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL)

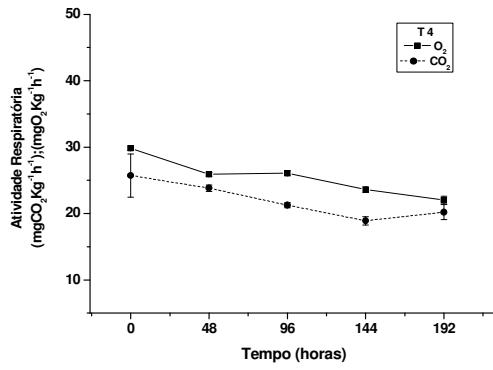


T2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL)

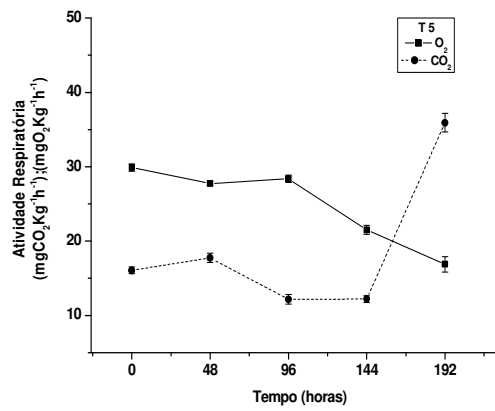
^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).



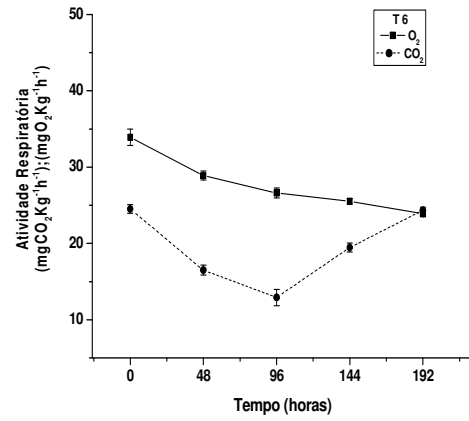
T3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL)



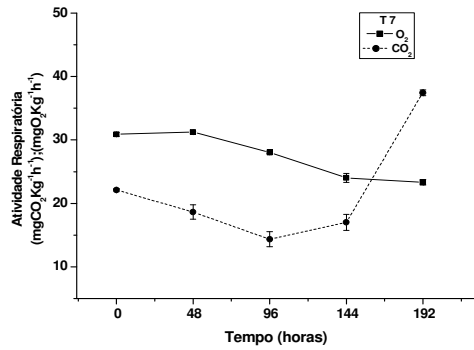
T4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL)



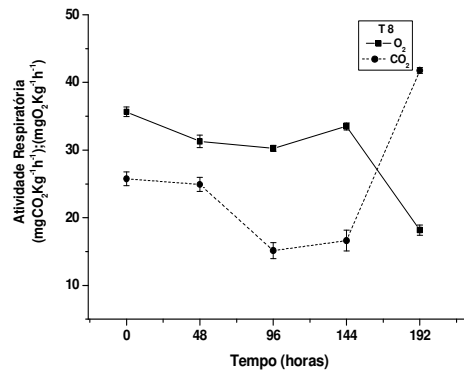
T5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL)



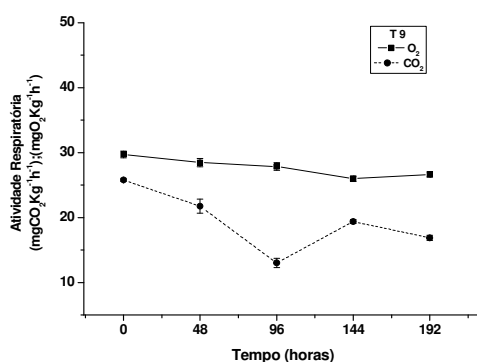
T6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL)



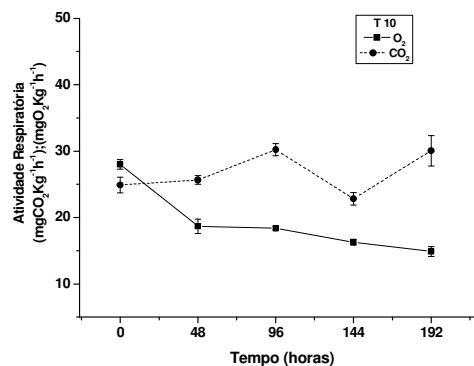
T7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL)



T8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL)



T9 (0% FB, 100% CB, 0% GL)



T10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

FIGURA 5.50 – EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA, EM TERMOS DE CO₂ E O₂, EM MORANGO CV. FESTIVAL COBERTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME

A variação do O₂ foi observada ao longo do armazenamento, com redução em 48h em todos os tratamentos, com exceção o 7^o. Em 96h verificou-se a maior oscilação entre os tratamentos, com redução em 1^a, 2^b, 6^f, 7^g, 8^h e 9ⁱ, aumento em 4^d e 5^e e, estabilidade em 3^c e 10^j. Após este período houve redução em 144h e 192h, exceto nos tratamentos 8^h e 9ⁱ com aumento e redução nestes tempos, respectivamente (Figura 5.50).

O declínio inicial na atividade respiratória pode ser decorrente de fatores como o equilíbrio térmico vegetal/ambiente, consequência da baixa temperatura que foram

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^b 2 (62,5% FB, 25% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ^e 5 (47,25% FB, 35,25% CB, 17,5% GL); ^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ^g 7 (70,75% FB, 11,75% CB, 17,5% GL); ^h 8 (82,5% FB, 0% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

aconicionados os morangos, $7^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$. Porém, temperaturas amenas reduzem, mas não cessam a atividade metabólica do vegetal e de sua flora contaminante.

Em frutos maduros, as trocas gasosas pela respiração e a perda de água na forma de vapor ocorrem apenas por difusão através da cutícula (Chitarra e Chitarra, 2005). Com o revestimento do biofilme houve aumento da barreira, reduzindo a troca gasosa, ou seja, a taxa de respiração, o que permite um prolongamento na vida do fruto (Assis e Leoni, 2003).

As maiores atividades respiratórias foram verificadas no tratamento 8^h com concentração de $41,8 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ e $35,6 \text{ mgO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, em 192h e 0h, respectivamente (Tabelas 5.47 e 5.48). Esse fato sugere baixa eficiência a barreira aos gases nos biofilmes formados somente com fécula de batata e glicerol, em relação aos que possuem celulose bacteriana na composição. Os biofilmes a base de polissacarídeos possuem alto coeficiente de permeabilidade ao vapor de água e a gases (Gontard e Guilbert, 1996). A celulose bacteriana ao ser tratada por método alcalino, como foi utilizada neste trabalho, aumenta a resistência à tensão e reduz a taxa de transmissão ao oxigênio (George et al., 2005). O tratamento 10^j apresentou maiores atividades respiratórias em 0h e 96h, com concentrações de $28 \text{ mg O}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ e $30,2 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente.

Considerando o início e final do período de armazenamento (Figura 5.51a) o tratamento 9ⁱ reduziu 34,5% à liberação de CO_2 e 10,4% o consumo de O_2 (Figura 5.51b), e apresentou o menor percentual, ou seja, menor consumo do O_2 . O tratamento 6^f mostrou menor percentual de variação de CO_2 , 0,7%. Isso evidencia eficiência dessas películas quanto ao controle das trocas gasosas, possivelmente em função da sua natureza e formação de superfície contínua sobre os morangos.

^f 6 (59% FB, 23,5% CB, 17,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL).

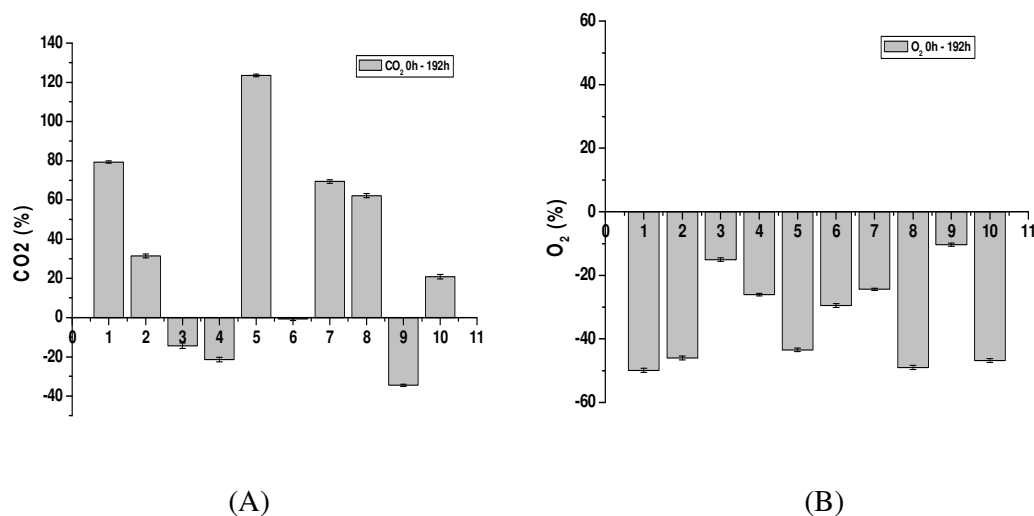


FIGURA 5.51 – PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE CO₂ E O₂, ENTRE O INÍCIO E FINAL DO ARMAZENAMENTO, EM MORANGO CV FESTIVAL: (A) CO₂; (B) O₂

O quociente respiratório (QR) para respiração aeróbia varia entre 0,7 e 1,3 dependendo do substrato (Kader, 1987). No caso do morango, o QR assume um valor próximo de 1 (Renault et al., 1994b; Hertog et al., 1999). Até 144h do período de armazenamento o quociente respiratório (Figura 5.52) mostrou valores abaixo da unidade, nos morangos com cobertura de biofilme, com exceção do tratamento 1^a. Isso sugere que a concentração de O₂ é muito baixa, e a liberação de CO₂ pode ser elevada em decorrência das reações de anaerobiose ou metabolismo fermentativo, conduzindo a processos como: uso de substratos com relação C:O inferior à dos açúcares simples (hexoses); oxidação incompleta, com interrupção da produção de compostos intermediários do ciclo de Krebs; o CO₂ produzido pode estar sendo utilizado em processo de síntese, como por exemplo, a carboxilação do piruvato para formação do ácido oxalacético (Chitarra e Chitarra, 2005).

Em 192h ocorreu aumento do quociente respiratório, exceto nos tratamentos 3^c, 4^d e 9ⁱ. O tratamento 10^j apresentou quociente respiratório maior que 1 a partir de 48h até o

^a 1 (50% FB, 37,5% CB, 12,5% GL); ^c 3 (75% FB, 12,5% CB, 12,5% GL); ^d 4 (87,5% FB, 0%CB, 12,5% GL); ⁱ 9 (0% FB, 100% CB, 0% GL); ^j 10 (0% FB, 0% CB, 0% GL).

final do período de armazenamento, sugerindo que substratos com maior teor de O₂, como ácidos orgânicos, estão sendo utilizados na respiração. Entretanto, a medida do QR representa apenas um valor médio, que depende, sobretudo da contribuição de cada substrato para respiração e de seu conteúdo relativo de carbono, hidrogênio e oxigênio (Chitarra e Chitarra, 2005).

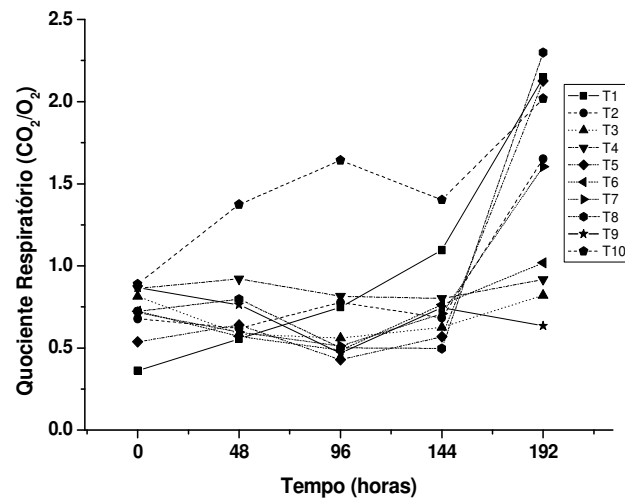
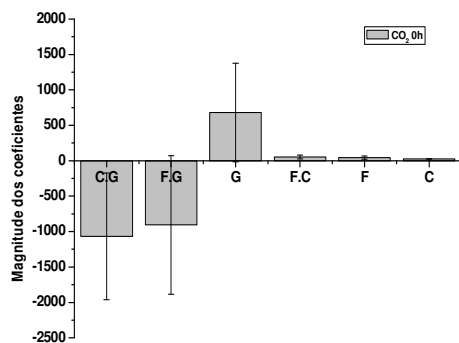
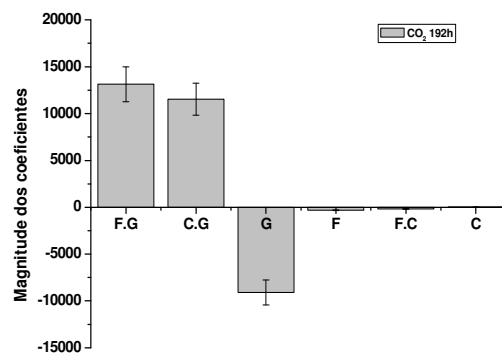


FIGURA 5.52 – QUOCIENTE RESPIRATÓRIO (CO₂/O₂) EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOFILME DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

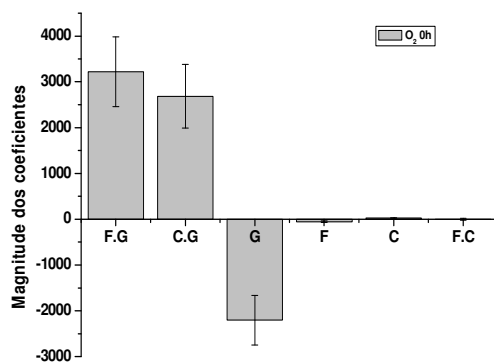
Por meio da análise de variância, as estimativas dos coeficientes de regressão (Apêndice C - Tabelas 5.49C e 5.50C) mostraram que entre os componentes do filmes, o glicerol apresentou maior influência significativa ($p \leq 0,05$) na atividade respiratória do CO₂, no início do período de armazenamento. As interações da fécula da batata, da celulose bacteriana com o glicerol mostraram significância no final. A atividade respiratória do O₂ apresentou relação contrária ao do CO₂, para esses componentes, no final do período de armazenamento (Figura 5.53).



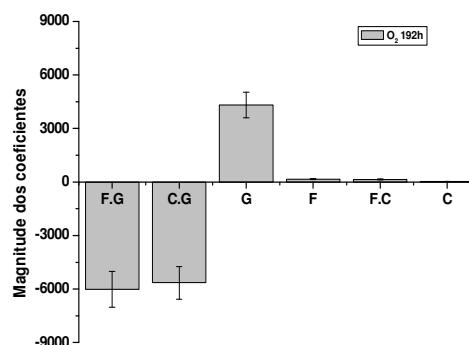
(A)



(B)



(C)



(D)

FIGURA 5.53 – MAGNITUDE DOS COEFICIENTES DOS COMPONENTES DO BIOFILME SOBRE A ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM TERMOS DE CO₂ E O₂, EM MORANGO CV FESTIVAL COBERTO COM BIOFILMES EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES: (A) CO₂ 0H, (B) CO₂ 192H, (C) O₂ 0H, (D) O₂ 192H

NOTA - F = Fécula de batata; C = Celulose bacteriana; G = Glicerol.

5.4.15 Análise dos componentes principais (PCA)

A PCA foi construída a partir de uma matriz de dados de 10 x 17, ou seja, 10 tratamentos e 17 características. A PCA mostrou que com quinze componentes principais foi possível obter 99,25% de informação, sendo 31,08% da variância total descrita pela

primeira componente principal (PC1) e 18,70% por PC2 a segunda componente. Verifica-se que houve discriminação dos tratamentos em função dos tempos de armazenamento, como mostra os gráficos de dispersão de componentes principais (CP) 1 e 2 (Figura 5.54).

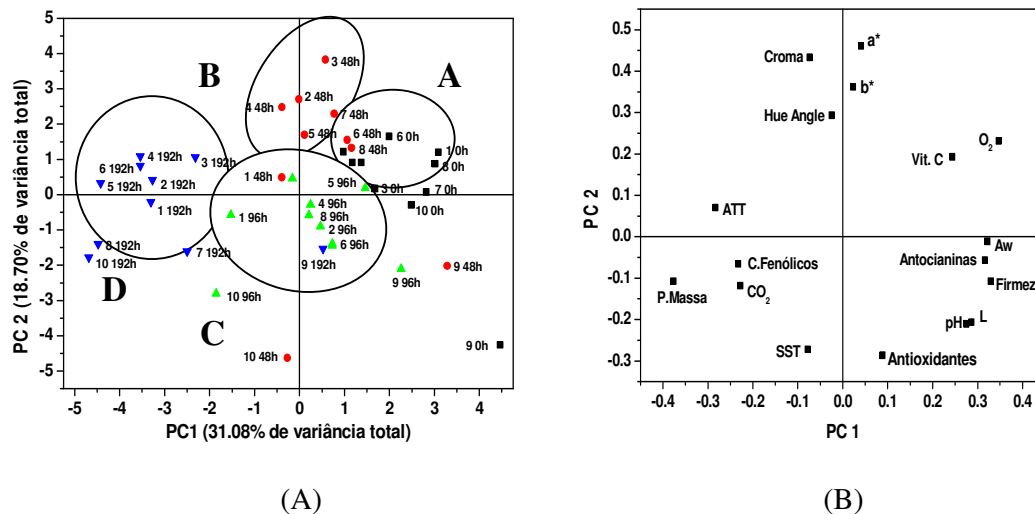


FIGURA 5.54 - ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA): (A) GRÁFICO DOS ESCORES; (B) GRÁFICO DOS PESOS

A análise conjunta dos gráficos, dos escores com o de pesos, possibilitou a separação dos tratamentos em quatro grupos, nomeados da direita para esquerda em A, B, C e D (Figura 5.54a), em função do tempo de armazenamento e das concentrações encontradas nas variáveis analisadas (Figura 5.54b). A PC 1 e PC 2 mostraram efeito discriminante nos tratamentos do período inicial de armazenamento (0h e 48h), com influencia na intensidade da cor, maiores taxas respiratória do O₂ e concentrações de vitamina C. Em 96h, as características atividade de água (Aw), antocianinas, firmeza, luminosidade, pH, e atividade antioxidante tiveram maior efeito neste período. Em 192h, os fatores que indicam aceleração da senescência (Hue Angle), saturação da cor (croma), concentração de sólidos solúveis, redução da acidez, e aumento dos compostos fenólicos totais, perda de massa, taxa respiratória do CO₂ foram significativos neste período de estocagem.

O croma a* e os antioxidantes são as variáveis com maiores pesos na região positiva e negativa, respectivamente, da PC1. Na PC2, o O₂ e a perda de massa apresentam maiores pesos na região positiva e negativa, respectivamente (Figura 5.54b).

5.5 CONCLUSÃO

A aplicação de biofilmes formados por blenda de fécula de batata e celulose bacteriana na conservação de morangos, mantidos sob refrigeração (7°C) e sem qualquer outra cobertura além do biofilme, contribuiu na manutenção da qualidade de morangos cv. Festival nas características da massa fresca até 96h e, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, relação entre SST/ATT, compostos fenólicos, vitamina C, antioxidantes, croma a*, croma b* e atividade respiratória do O₂ em até 192h.

Os biofilmes composto por fécula de batata e glicerol mostraram-se eficientes nas características Hue Angle e luminosidade em até 192h, enquanto nos morangos cobertos por celulose bacteriana pura, foram adequados na manutenção da qualidade nos aspectos perda de massa em até 144h e, com menores variações de pH, firmeza, atividade de água, antocianinas, contagem de mesófilos aeróbios totais, atividade respiratória CO₂ durante todo período de armazenamento (192h).

Entre os tratamentos, o biofilme com composição 47,25% de fécula de batata, 35,25% celulose bacteriana, 17,5% glicerol mostrou eficiência, no maior número de características analisadas, como perda de massa aceitável pela legislação em até 120h, e concentrações de acidez total titulável, sólidos solúveis totais, relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável, compostos fenólicos, antioxidantes, contagem de mesófilos aeróbios totais, croma a* e croma b* em até 192h.

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÃO

A produção de celulose bacteriana apresentou maior requerimento dos minerais $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ em fermentado de água de coco de fruta madura e $N-NO_3^-$ em água de coco de fruta verde. Porém, considerando os meios de cultivo, o fermentado em água de coco de fruta madura apresentou aumento no consumo dos minerais K, Fe, P, $S-SO_4^{2-}$, B, $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$. Entre as formas de cultivo, os tratamentos mantidos sob agitação tiveram maiores reduções de minerais, em ambos os processos fermentativos. Portanto, a maior produção de celulose bacteriana foi verificada nos fermentados de água de coco de fruta madura, com adição de KH_2PO_4 (5000 mg.L^{-1}), $FeSO_4$ (5 mg.L^{-1}), NaH_2PO_4 (300 mg.L^{-1}) e mantidos sob agitação.

A produção de biofilmes formados por blendas de fécula de batata, celulose bacteriana e glicerol pode ser realizada pelo método de mistura, configurando uma matriz coesa, mas com a presença de grânulos. Os biofilmes formados por blenda mostraram alta opacidade e TPVA e, baixa densidade, espessura, gramatura, solubilidade e PVA. O índice de intumescimento é mais rápido no primeiro minuto e com o passar do tempo torna-se mais lento, tanto em pH ácido quanto alcalino. No entanto, apresenta aumento no intumescimento em pH ácido. A celulose bacteriana pura demonstra elevada opacidade e índice de intumescimento em pH ácido e alcalino em todos os tempos analisados, caracterizando biofilme com boa barreira à luz e a manutenção da umidade. Contudo, demonstra densidade, espessura, solubilidade, TPVA e PVA reduzido, configurando biofilme com baixo transporte de água, comparado a biofilmes formados por fécula de batata.

Desta forma, a produção de biofilme formado por blenda de fécula de batata e celulose bacteriana se apresenta como promissor na aplicação do segmento de embalagens comestíveis, entretanto, depende das características composicionais do alimento escolhido.

A aplicação de biofilmes formados por blendas de fécula de batata, celulose bacteriana e glicerol em morangos cv Festival demonstrou ser eficiente na manutenção da qualidade, nos aspectos de massa, ATT, SST, relação entre SST/ATT, compostos fenólicos, vitamina C, antioxidantes, croma a* e croma b*.

Morangos, cobertos com celulose bacteriana pura, mostraram maior estabilidade nas características de massa, pH, firmeza, atividade de água, antocianinas, controle de microrganismos e atividade respiratória durante o período de armazenamento (192h). Porém devido aos custos de produção da celulose bacteriana sugere-se a produção de biofilmes e sua aplicação em frutas na forma de blenda.

Portanto, a aplicação de biofilmes formados por blenda de fécula de batata e celulose bacteriana oferece potencial de aplicações em morangos conservados por métodos combinados (biofilme e processo de refrigeração), podendo ser utilizados para aumentar a estabilidade física, química e microbiológica de tais produtos. Além disso, podem favorecer a aceitação do consumidor pela melhoria da aparência e manutenção de suas propriedades. Contudo, há necessidade de pesquisas futuras envolvendo avaliações mais detalhadas e comparativas sobre as características sensoriais.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com relação:

a) À produção de celulose bacteriana:

- Analisar o comportamento cinético da produção de celulose bacteriana e o consumo de minerais em relação à produção de biomassa, consumo de açúcares, variação de pH, teor de oxigênio dissolvido e consumido.
- Verificar a influencia dos minerais K, Na, Fe, Mg, P, S-SO₄⁻², B, N, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺ na produção de celulose bacteriana, pelo *Acetobacter xylinum*, em outros meios fermentativos (naturais e sintéticos).

b) À produção e caracterização de biofilme:

- Avaliar novas concentrações e composições para a produção de biofilme a base de celulose bacteriana.
- Analisar diferentes graus de granulometria para produção de biofilmes por mistura.

- Analisar a influência da secagem à vácuo e em estufa convencional na produção de biofilmes celulósicos formados por blendas.
- Avaliar os biofilmes em relação às propriedades de barreira a gases e mecânicas.
- Avaliar o efeito dos biofilmes no uso como filme em embalagens com frutas in natura.
- Avaliar a adição de aditivos antimicrobianos na formulação dos biofilmes.

c) À aplicação de biofilme em frutas:

- Analisar a aplicação de biofilmes formados por blenda de fécula de batata e celulose bacteriana em outras variedades de morangos.
- Identificar e quantificar os compostos aromáticos liberados por morangos cobertos com biofilme celulósico.
- Comparar faixas de temperatura de armazenamento de morangos minimamente processados cobertos por biofilme celulósico.
- Quantificar a liberação de etileno por morangos cobertos com biofilme celulósico.
- Verificar a eficiência de biofilme celulósico em morangos segundo os valores nutricionais.
- Verificar outras formas de aplicação (aspersão) de biofilme celulósico em morangos.

REFERÊNCIAS

AABY, K.; SKREDE, G.; WROLSTAD, R.E. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.10, p.4032-4040, 2005.

AGIUS, F. GONZÁLEZ-LAMONTE, R.; CABALLERO, J. L.; MUNDOZ-BLANCO, J.; BOTELLA, M. A.; VALPUESTA, V. Engineering increased vitamin C levels in plants by over-expression of a D- galacturonic acid reductase. **Nature Biotechnology**, v. 21, n. 2, p 177-181, 2003.

AGUAYO, E.; ESCALONA, V.; ARTÉS, F. Metabolic behavior and quality changes of whole and fresh processed melon. **Journal of Food Science**, v. 69, p. 149- 155, 2004.

ALABAN, C. A. Studies on the optimum conditions for “nata de coco” bacterium or “nata” formación in coconut water. **Philippine Agriculturist.**, v. 45, p.490-516, 1962.

ALMEIDA, E. I. B.; BARBOSA, J. A.; RIBEIRO, W. S.; LUCENA, H. H. ; CARNEIRO, G. G.; BORGES, P. F.; SILVA, ALINE P. G. A produção da batata no município de esperança, associadas às perdas na produção e armazenamento. **Hortic. bras.**, v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), agosto 2009.

ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. F. Pre-gelatinized starch of *Dioscorea alata* – functional properties. **Food Chemistry**, v.67, n. 2, p. 123-127, 1999.

AMORIM, A. M. **Estudo da miscibilidade de blendas de poli(óxido de etileno) e poli(succinato de etileno)**. 64f. Dissertação (Mestrado em Química) - Departamento de Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

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. CEPPA**, v.26, n. 1, p. 41-50, 2008.

ANTUNES, L.E.C.; REISSER JÚNIOR, C. Fragole, i produttori brasiliani mirano all’esportazione in Europa. **Frutticoltura**, Bologna, v. 69, p. 60-65, 2007.

ANTUNES, L. E. C.; RISTOW, N. C.; KROLOW, A. C. R.; CARPENEDO, S.; JÚNIOR REISSER, C. Comportamento produtivo de novas cultivares de morangueiro na região de Pelotas, RS. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 70. Out- 2008. Pelotas-RS, 2008.

AQUINO, D. S. **Produção de dextrana por novas linhagens de bactérias isoladas da cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2006.

ARAGÃO, W. M. A importância do coqueiro-anão verde. Aracaju: Embrapa CPATC/ Tabuleiros Costeiros, 2004. Disponível em: <
<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2000/artigo>> Acesso em : 2004-12-07.

ARAGÃO, W. M.; ISBERNER, I. V.; CRUZ, E. M. O. Água-de-coco. Aracaju: Embrapa CPATC/ Tabuleiros Costeiros, 2001. (Série Documentos 24).

ARTÉS, F. Panorâmica actual de la Postcosecha Hortofrutícola y de los Productos Vegetales Mínimamente Procesados. In: Curso Internacional de Tecnologia Postcosecha y Procesado Mínimo Hortofruticola, 2., 2008, Cartagena, Espanha. [Cartagena: UPCT, 2008].

ASSIS, J.S. de; RESENDE, J.M.; SILVA, F.O. e; SANTOS, C.R. dos; NUNES, F. Técnicas para colheita e pós-colheita do coco verde. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. 6p. (**Embrapa Semi- Árido. Comunicado Técnico**, 95).

ASSIS, O. B. G.; ALVES, H. C. Metodologia mínima para a produção de filmes comestíveis de quitosana e avaliação preliminar de seu uso como revestimento protetor em maçãs cortadas. **Boletim Técnico – Embrapa Instrumentação Agropecuária** – São Carlos – SP, nov, 2002.

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M. Filmes comestíveis de quitosana. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n.30, p. 33-38, 2003.

ASSIS, O. B. G.; FORATO, L.A.; BRITTO, de. Revestimentos comestíveis protetores em frutos minimamente processados. **Higiene Alimentar**, v.22, n.160, p. 99-106, 2008.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D.; FORATO, L. A. O Uso de Biopolímeros como Revestimentos Comestíveis Protetores Para Conservação de Frutas *in natura* e Minimamente Processadas. Embrapa Instrumentação Agropecuária. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** - São Carlos, n.29, 23 p. 2009.

ATTA-ALY, M. Harvest and postharvest deteriorating factors of cucurbits and avoidance techniques: a review. **Journal of Agricultural Investment**, v. 1, p. 55-62, 2003.

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

ÁVILA, A. C.; MELO, P. E.; LEITE, L. R.; INOUE-NAGATA, A. K. Ocorrência de vírus em batata em sete estados do Brasil. **Horticultura Brasileira**, vol.27 n.4, 2009.

AZEREDO, H. M. C. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação. **Boletim Ceppa**, v. 21, n.2, 2003.

AYRANCI, E.; TUNC, S. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. **Food Chemistry**, v.80, p. 423-431, 2003.

AYARANCY, E. CETIN, E. The effect of protein of *Pistacia terebinthus* L. on moisture transfer properties of cellulose-based edible films. **Lebensm. Wiss. U. Technology**, v.28, n°2, p.241-244, 1995.

BAE, S.; SHODA, M. Bacterial cellulose production by fed-batch fermentation in molasses medium. **Biotechnology Progress**, v.20, p.1366-1371, 2004.

BAE, S.; SHODA, M. Statistical optimization of culture conditions for bacterial cellulose production using Box-Behnken design. **Biotechnology and Bioengineering**. v.5, nº90, p.20-28, 2005.

BALBINO, J.M.S.; MARIN, A.J. Importância socioeconômica da cultura de morango para o estado do Espírito Santo e o planejamento da produção comercial. IN BALBINO, J.M.S. Ed. Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiros. Vitória. Incaper. v.76, p. (**Incaper Documentos, 124**), 2004.

BALDWIN, E. A. BURNS, J. K.; KAZOKAS, W. BRECHT, J. K. HAGENMAIER, R. D.; BENDER, R. J. PESIS, E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica L.*) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, n. 3, p. 215-226, 1999.

BARUQUE-RAMOS, J.; HISS, H.; VICENTIN, M. A.; PAZ, M. F.; PEIXOTO, A.; LEAL, M. B. B.; SATO, R. A.; VASSOLER, U. M.; RAW, I. Nitrogen consumption during batch cultivation of *Neisseria meningitides* (serogroup C) in frantz medium. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.32, p.305-310, 2001.

BATISTA, J. A.; TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R.F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes à base de pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, nº. 4, p. 781-788, 2005.

BAKKER, J.; BRIDLE, P.; BELLWORTHY, S. J. Strawberry juice colour: a study of the quantitative and qualitative pigment composition of juice from 39 genotypes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 64, n. 1, p. 31-37, 1994.

BARROS NETO, B. de; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2ª ed. Campinas-SP: Editora da Unicamp, 2003.

BEAULIEU, J. C. Effect of cutting and storage on acetate and nonacetate esters in convenient ready-to-eat fresh-cup melons and apples. **HortScience**, v. 41, p. 65-73, 2006.

BENDER, R. J.; PEZZI, E.; LEÃO, M. L.; CASALI, M. E. Armazenagem de morangos cv. Camarosa e cv. Verão em atmosfera modificada. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n.2, p.285-292, 2010.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p.70-76, 1996.

BENZIMAN, M. MAZAVAR, A. NAD and NAD phosphate specific glucose-6-phosphate dehydrogenases of *Acetobacter xylinum* and their role in the regulation of the pentose cycle. **Journal Biochem. Chem.**, v. 248, p.1603-1608, 1973.

BERBARI, S. A. G.; NOGUEIRA, J. N.; CAMPOS, S. D. S. Efeito de diferentes tratamentos pré-Congelamento sobre a qualidade do morango var. Chandler congelado. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v.18, n.1, 1998.

BERTAN, L. C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos a base de gelatina, ácidos graxos e breu branco**. 157f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

BERWANGER, A. L. D. S. **Produção e caracterização de biopolímeros sintetizado por *Sphingomonas capsulata***. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, Erechim, 2005.

BICO, S.L.S.; RAPOSO, M. F. J., MORAIS, R. M. S. C.; MORAIS, A. .M. M. B. Combined effects of chemical dip and/ or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. **Food Control** , 2008, doi:10.1016/j.foodcont.2008.07.017.

BIELECKI, S.; KRZYSTYNOWICZ,A.; TURKIEWICZ, M.; KALINOWSKA, H. Bacterial Cellulose. **Biotechnology of biopolymers**, v.14 p.381, 2005.

BHAGWAT, A.A.; SAFTNER, R. A. ABOETT, J.A. Evaluations of wash treatments of survival of foodborne pathogens and maintenance of quality characteristics of fresh-cup apple slices. **Food Microbiology**, v. 21, p. 319-326, 2004.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Introdução a química de alimentos**. 2ª Ed. São Paulo: Varela, 1989.

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

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Química de processamento de alimentos**. 3ª edição. São Paulo: Ed. Varela, 2001.

BONA, J. C. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de blendas de amido com polietileno**. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BORGES, C. D; MOREIRA, A. N.; MOREIRA, A. da S.; DEL PINO, F. A. B.; VENDRUSCOLO, C. T. Caracterização de biopolímeros produzidos por *Beijerinckia* sp. 7070 em diferentes tempos de cultivo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 24(3): p. 327-332, 2004.

BOZA, Y. E. A. G.; NETO, L. P.; COSTA, F. A. A.; SCAMPARINI, A. R. P. Exopolysaccharide production by encapsulated *Beijerinckia* cultures. **Process Biochemistry**. v.39, p.1201-1209, 2004.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; BALEM, T. A. Efeito de filmes de PVC esticável e polietileno no acúmulo de CO₂ e na manutenção da qualidade pós-colheita de morangos cv. Tangi. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.5, n.2, p.89-92, 1999.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial União, Brasília, DF, 29 agosto 2005. Seção I. Disponível em: http://legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?mode=PRINT_VERSION&id=18822. Acesso em: 20 de julho de 2010.

BRITO, I. P. **Caracterização e aproveitamento de água de coco seco (Cocos nucifera L.) na produção de bebidas**. Dissertação. 118f. (Mestrado em Nutrição, Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências de Saúde da Universidade Federal de Pernambuco) Recife, 2004.

BRITTO, D.; CAMPANA FILHO, S.P.; ASSIS, O.B.G. Mechanical Properties of N,N,N-trimethylchitosan Chloride films. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.15, n.2, p.129-132, 2005.

BROWN JR, R.; SAXENA, I.; KUDLIKA, K. Cellulose biosynthesis in higher plants. **Trends Plant. Sci.** v.1, p.149-156, 1996.

BROWN JR, R. M. **Microbial cellulose: a new resource for wood, paper, textiles, food and specialty products**. University of Texas at Austin Botany Department. v.25, Aug., 1999.

BUDHIONO, A.; ROSIDI, B.; TAHER, H.; IGUCHI, M. Kinetic aspects of bacterial cellulose formation in nata-de-coco culture system. **Carbohydrate Polymers**, v.40, 137-143, 1999.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 23, p. 85-112, 1998.

BULLOCK, J.; KRISTIANSEN, B. **Biotecnologia Básica**. Zaragoza, Acribia, 1991.

CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p1-6, 2002.

CANTILLANO, F. F.; BENDER, R. J.; LUCHSINGER, I. Morango. Pós-colheita. **Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS) – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, p. 14-24. 2003.

CANTILLANO, F. F. Morango: pós-colheita. **Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica**, 2003. 28p (Frutas do Brasil; 42).

CANTILLANO, R. F. F. Sistema de produção do morango – Sistema de produção, nov. 2005. Disponível em: < <http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 11/2008.

CANTILLANO, R. F. F.; CASTANEDA, L. M. F.; TREPTOW, R. O.; SCHUNEMANN, A. P. P. Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento refrigerado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 75. Pelotas-RS, 2008.

CARMO, S. A. **Conservação pós-colheita de pimentão amarelo ‘ZarcoHS’**. 127f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2004.

CARVALHO, J. M. Maia, G. A.; SOUSA, P. H. M. MAIA JUNIOR, G. A. Água-de-coco: Propriedades nutricionais, funcionais e processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n.3, p. 437-452, 2006.

CASTRO, R.L.; CASALI, V. W. D.; BARRELLA, T.P.; SANTOS, R.H.S.; CRUZ, C. D. Produtividade de cultivares de morangueiros em sistema de cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.227-230, 2003.

CAVALCANTI, O.A.; VAN DER MOOTER, G.; CARAMICO-SOARES, I.; KINGET, R. Polysaccharides as excipients for colon-specific coatings, permeability and swelling properties of casted films. **Drug Dev. Ind. Pharm.**, v.28, n. 2, p. 157-164, 2002.

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, 2001. 81p.

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.

CHANDLER, C.K.; LEGARD, D.E.; CROCKER, T.E.; SIMS, C.A. ‘Strawberry Festival’ strawberry. **HortScience**, v. 35, n. 7, p. 1366- 1367, 2000.

CHANG, Y. P.; KARIM, A.A.; SEOW, C.C. Interactive plasticizing-antiplasticizing effects of wáter and glicerol on the tensile properties of tapioca starch films. **Food Hydrocolloids**, v. 20, p.1-8, 2006.

CHÁVEZ-PACHECO, J.L.; YEE, S. M.; ZENTELLA, M. C.; MARVÁN, E. E. Celulosa Bacteriana en *Gluconacetobacter xylinum*: Biosíntesis y Aplicaciones. **Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas**, vol.7, n.1, p. 18-25, 2004.

CHÁVEZ-PACHECO, J.L.; YEE-MARTÍNEZ, S.; CONTRERAS, M.L.; MANZO-GÓMEZ, S.; HERNÁNDEZ-MEMBRILLO, J.; ESCAMILLA, J.E. Partial bioenergetic characterization of *Gluconacetobacter xylinum* cells released from cellulose pellicles by a novel methodology. **Journal of Applied Microbiology**, v. 99, p. 1130-1140, 2005.

CHEN, H. Functional properties and application of edible films made of milk protein. **Journal of Dairy Science**. Savoy, v.78, n.11, p. 2563-2583, 1995.

CHI, Z.; ZHAO, S. Optimization of médium and cultivation conditions for pullulan production by a new pullulan – producing yeast strain. **Enzyme and Microbial Technology**. v.33, p.206-211, 2003.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2nd, Lavras: UFLA, 785p., 2005.

CHIUMARELLI, M. **Avaliação da vida útil de manga (*Mangifera indica* cv ‘Tommy Atkins’) minimamente processada pré-tratada com ácido cítrico e coberturas comestíveis**. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

COCOZZA FDM. **Maturação e conservação de manga ‘Tommy Atkins’ submetida à aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno**. 226f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

COLLA, E.; SOBRAL, P. J.; MENEGALLI, F. C. Effect of composite edible coating from Amaranthus Cruentus flour and stearic acid on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **Latin American Applied Research**, v.36, p.249–254, 2006.

CONTI, J. H.; MINAMI, K. TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 10-17, 2002.

CORDENUNSI, B. R. NASCIMENTO, J. R. O.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2581-2586, 2002.

CORDENUNSI, B.R.; NASCIMENTO, J.R.O.; LAJOLO, F.M. Physico-chemical changes related to quality of Five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, v.83, n.2, p.167-173, 2003.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E.S.; CARVALHO, A. A. S. MATTOSO, L. H.C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados de milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 4, p. 268-273, 2005.

CORTEZ, L.A.B.; HONORIO, S.L.; MORETTI, C.I. Resfriamento de frutas e hortaliças. **Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas** – Embrapa, 2002, 428p.

COSTA, F. B.; SIMÕES, A. N.; MOREIRA, S. I.; SOUZA, D. D.; FREITAS, M. A. SANTOS, R. H. S.; PURCHMAN, R. 2006. Processamento mínimo de morango cultivado organicamente. **In: Encontro Nacional sobre processamento mínimo de frutos e**

hortaliças, 4; Simpósio Ibero-Americano de Vegetais Frescos e Cortados, 1. São Pedro: USP/ESALQ.

COUPLAND, J. N.; SHAW, N. B.; MONAHAN, F. J.; O'RIORDAN, E. D.; O'SULLIVAN, M. Modeling the effect of glycerol on the moisture sorption behavior of whey protein edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 43, p. 25-30, 2000.

CUQ, B. GONTARD, N.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as affected by film thickness. **Journal of Food Science**, v. 61, n.3, p.580-584, 1996.

CUQ, B.; AYMARD, C.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Edible packaging films based on fish myofibrillar proteins: Formulation and functional properties, **Journal Food Science**, v. 60, p. 1.369-1.374, 1995.

CURVELO, A. A. S.; CARVALHO, A. J. F. AGNELLI, J. A. M. Thermoplastic starch-cellulosic fibers composites: preliminary results. **Carbohydrate Polymers**, v. 45, p.183 – 188, 2001.

CZAJA, W., KRYSZYNOWICZA, A., BIELECKIA, S. Microbial cellulose the natural power to heal wounds. **Biomaterials**, v.27, p.145- 151, 2006.

DAMASCENO, K. S. F. DA S. C.; STAMFORD, T. L. M.; ALVES, M. A. Vegetais minimamente processados: uma revisão. **Higiene Alimentar**, v. 15, n. 85, p. 20-25, 2001.

DANESI, E. D. G. **Estudo do aproveitamento do soro de leite para a produção de nata (celulose bacteriana) por fermentação.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 1996.

DANESI, E. D. G.; WOSIACKI, G. Otimização da produção de nata (cellulose bacteriana) por fermentação em superfície. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n.1, 1998.

DANGAR, T. K. Mass production of the entomopathogen *Metarhizium anisopliae* in coconut water wasted from copra making industry. **Journal of Plantation Crops**, v. 19, n.1, p.54-69, 1991.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. **Crit. Rev. Food Science**, v. 38, n.4, p.299-313, 1998.

DEMIATE, I. M.; KONKEL, F. E.; PEDROSO, R. A. Avaliação da Qualidade de Amostras Comerciais de Doce de Leite Pastoso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.21 n.1, 2001.

DIAS, A. B.; **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz.** 2008. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

- DITCHFIELD, C. **Estudos dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- DUFRESNE A, VIGNON M.R. Improvement of starch film performances using cellulose microfibrils. **Macromolecules**, v.31, p. 2693–2696, 1998.
- ELIZONDO, N.J.; SOBRAL, P. J.A.; MENEGALLI, F. C. Development of films based on blends of *Amaranthus cruentus* flour and poly(vinyl alcohol). **Rev. Carbohydrate Polymers**, v. 75, p.592, 2009.
- ERNANDES, F. M. P. G.; GARCIA-CRUZ, C. H. Levana bacteriana: aspectos tecnológicos, características e produção. **Semina Ciências Agrárias**, v. 26, nº 1, p.71-82, 2005.
- EZEQUIEL, J.M.B. Efeito da extrusão e da umidade na digestibilidade do milho. **In: Anais da XII e XIV Semana de Seminários da Universidade de Uberaba**. Uberaba: Editora Universidade de Uberaba, 2002.
- FAMÁ, L; ROJASB,A.M. GOYANESA,S. GERSCHENONB, L. Mechanical properties of tapioca-starch edible films containing sorbates. **Food Science and Technology**, v.38, p.631-639, 2005.
- FAMÁ, L.; GOYANES, S.; GERSCHENSON, L. Influence of storage time at room temperature on the physicochemical properties of cassava starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 70, p. 265-273, 2007.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009, 20 de maio. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> > Acesso em: 01/08/2010.
- FAOSTAT. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em 18 de novembro de 2008.
- FAKHOURI, F. M.; FONTES, L. C. B.; GONÇALVES, P. V. M.; MILANEZ, C. R.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.2, 2007.
- FELDMAN, D. Polymer Barrier Films. **Journal of Polymers and the Environment**, v.9, p.49-55, 2001.
- FERNANDEZ, C.S. Isotermas de sorção em substâncias alimentares. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 1, 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: FEA/UNICAMP-CYTED-SBCTA Ital, 1995.

FERRARI, C. C., SARANTOPOLUS, C. I. G. L.; HUBINGER, M. D. Evaluation of osmotic dehydration and pectin edible coating on mechanical properties and sensory acceptance of minimally processed melon. In: International Conference of Agricultural Engineering, 2008, Foz do Iguaçu, Brazil. **Anais** .Foz do Iguaçu, 2008.

FILHO, W. G. V. **Tecnologia em Bebidas**, São Paulo, Edgar Blucher, 2005.

FONTANA, J.D.; JOERKE, C. G.; BARON, M. MARASHCHIN, M.; FERREIRA, A. G.; TORRIANI, I. SOUZA, A. M. SOARES, M. B. FONTANA, M. A., GUIMARAES, M. F. Acetobacter cellulosic biofilms search for new modulators of cellulogenesis and native membrane treatments. **Appl. Biochem. Biotechnology**, v.63, p.327-338. 1997.

FONTANA, José D. **Bionegócios: celulose (II) bacteriana**. 2004 Disponível em:<<http://www.zoonews.com.br/noticia2/noticia.php?idnoticia=43928>> Acesso em: 22/09/06.

FONTES, L. C. B. **Uso de solução conservadora e de películas comestíveis em maçãs de cultivar Royal gala minimamente processadas: efeito na fisiologia e na conservação**. 2005. 118f . Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FONTES, L. C. B.; SARMENTO, S. B. S.; SPOTO, M. H. F.; DIAS, C. T. S. Conservação de maçã minimamente processada com uso de películas comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 872 – 880, 2008.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9.ed. São Paulo: Atheneu, 2002. p.115, 171.

FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.B.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.; SARMENTO, S.B.S. Propriedades gerais do amido. v. 1. Série Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas. CEREDA, M.P. (coord.). São Paulo: Fundação Cargill, 2001. 224p.

FRANCO, C.M.L., DAIUTO, E.R., DEMIATE, I.M., et al. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, p. 224, 2001.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo, Atheneu, 181 p. 1996.

FRANÇOSO, I. L. T.; COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p. 614-619, 2008.

FREITAS, A. A.; KWIATKOWSKI, A.; TANAMATI, A. A. C.; FUCHS, R. H. B. Uso de farinha de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa em misturas para cobertura de empanados de frango. **Publ. UEPG Ciências Exatas Terra, Ciência Agr. Eng.**, v. 11, p. 17-26, 2005.

FUNKE, U.; BERGTHALLER, W.; LINDHAUER, M. G. Processing and characterization of biodegradable products based on starch. **Polymer Degradation and Stability**, v. 59, p. 293-296, 1998.

GALDEANO, M.C.; GROSSMANN, M. V. E.; MALI, S.; BELLO-PEREZ, L.A.; GARCIA, M.A.; ZAMUDIO-FLORES, P.B. Effects of production process and plasticizers on stability of films and sheets of oat starch. **Materials Science and Engineering C**, v.29, p. 492-498, 2009.

GARCIA, R. C.; RECONDO, E.; DANKERT, M. Polysaccharide biosynthesis in *Acetobacter xylinum*: Enzymatic synthesis of lipid diphosphate and monophosphate sugars. **Eur. J. Biochem.**, v.43, p.93-105, 1974.

GARCIA, E. E. C.; PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. **Embalagens Plásticas: propriedades de barreira**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. 44p. 1989.

GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Starch- base coatings: effect on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **J. Food Science Agriculture**, v.78, p.411-420, 1998

GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Plasticized Starch-Based Coatings to Improve Strawberry (*Fragaria x Ananassa*) Quality and Stability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 3758-3767, 1998.

GARCÍA, M. A., A. PINOTTI, M. N. MARTINO, AND N. E. ZARITZKY. Characterization of composite hydrocolloid films. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 339-345, 2004.

GARCIA, L. C. **Aplicação de coberturas comestíveis em morangos minimamente processados**. Dissertação. 2009. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

GALDEANO, M.C.; GROSSMANN, M. V. E.; MALI, S.; BELLO-PEREZ, L.A.; GARCIA, M.A.; ZAMUDIO-FLORES, P.B. Effects of production process and plasticizers on stability of films and sheets of oat starch. **Materials Science and Engineering C**, v. 29, 492-498, 2009.

GCEA - Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias/IBGE, DPE, COAGRO - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Janeiro 2009. Disponível em:< http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200901_5_shtm> Acesso em: 01/08/2010.

GEDDES, R., GREENWOOD, C.T., MACKENZIE, S. Studies on the biosynthesis of starch granules. **Carbohydrate Research**, v.1, p.71-82, 1965.

GEORGE, K.V.; RAMANA, S.N.; SABAPATHY1, A.S.; BAWA,L. Physico-Mechanical Properties of Chemically Treated Bacterial (*Acetobacter xylinum*) Cellulose Membrane World **J. Microbiol. Biotechnology**, v.21, n.8-9, p.1323-1327, 2005.

GIAVASIS, I.; HARVEY, L. M.; Mc NEIL, B. Gellan gum. **Critical Reviews Biotechnology**. v.20, n.3, p.177-211, 2000.

GIAVASIS, I.; ROBERTSON, I.; Mc NEIL, B.; HARVEY, L. M. Simultaneous rapid monitoring of biomass and biopolymer production by *sphingomonas paucimobilis* using fourier transform-near infrared spectroscopy. **Biotechnology Letters**, v.25, p.975-979, 2003.

GIL, M. I.; HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 5, p. 1662-1667, 1997.

GIL, M. I.; AGUAYO, E.; KADER, A. A. Quality changes and nutrient retention in fresh-cup versus whole fruits during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 4284- 4296, 2006.

GIMENEZ, G.; ANDRIOLO, J.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, n.1, 2008.

GIUSTI, M. M.; WORSLTAD, R. E. **Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy**. *Curr. Protocols in Food Analytical Chem.*, New York: Wiley, 2001.

GLASER, L. The synthesis of cellulose in cell-free extracts of *Acetobacter xylinum*. **Journal of Biological Chemistry**, p. 627-636, 1958.

GODBILLOT, L; DOLE, P. JOLY, C.; ROGÉ, B.; MATHLOUTHI, M. Analysis of water binding in starch plasticized films. **Food Chemistry**, v. 96, p. 380-386, 2006.

GOMEZ, I. V.; MONONGAN, L. D.; ALMAZAN, E. N. LAWAS, F. R. Possibilities of using whey for “nata” making in Philippines. **Journal Veter. & Animal**, Manila. Phillip, v. 3, n.4, p. 35, 1987.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 1, p. 190-195, 1992.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J. L.; GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapor permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 29, p. 39-50, 1994.

GONTARD, N. GUILBERT, S. Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. **Boletim do SBCTA**, v. 30, n. 1, p. 3-15, 1996.

GUILBERT, S.; BIQUET, B. **Les films et enrobage comestible**. In: BUREAU, G.; MULTON, J. L. *L’Emballage des Denrées Alimentaires de Grande Consommation*, Technique et documentation. France, Lavoisier, Apria, p.320, 1989.

- GUILBERT, S.; BIQUET, B. Películas y envolturas comestibles. In: BUREAU, G.; MULTON, J. L. Embalaje de los alimentos de gran consume. Zaragoza (España): Editora Acríbia S. A., cap. 22. 331-317p. 1995.
- GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS, G. M. Prolongation of the Shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. **Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie**, v.29, p. 10-7, 1996.
- GUHADOS, G.; WAN, W.; HUTTER J.L. Measurement of the elastic modulus of single bacterial cellulose fibers using atomic force microscopy. **Langmuir**, v. 21, p.6642-6646. 2005.
- HAN, C.; ZHAO, Y.; LEONARD, S.W.; TRABER, M.G. Edible PREGNOLATTO, W. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químico-físicos para análise de alimentos**. 3 ed., v.2 São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985.
- HAN, C.; LEDERER, C.; MCDANIEL, M.; ZHAO, Y. Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan-based edible coatings. **Journal Food Science**, v.70, p. 172-178, 2005.
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) CV IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.3 p. 231-233, 1999.
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, v. 28, p. 231-240, 2008.
- HERNÁNDEZ, O.; EMALDI, U.; TOVAR, J. In vitro digestibility of edible films from various starch sources. **Carbohydrate Polymers**, v. 71, p. 648-655, 2008.
- HERTOG, M., BOERRIGTER, H.A.M., VAN DEN BOOGAARD, G., TIJSKENS, L.M.M. e VAN SCHAIK, A.C.R. Predicting keeping quality of strawberries (cv. 'Elsanta') packed under modified atmospheres: an integrated model approach. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, n.1, p.1-12, 1999.
- HESTRIN, S.; SCHRAMM. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. **Journal of Biochemistry**, v.58, 1954.
- HODGES, D.M.; WISMER, W.V.; FORNEY, C.F. Processing line effects on storage attributes of fresh spinach leaves. **HortScience**, v.35, p. 1308-1311, 2000.
- HOJO, E. T. D. **Qualidade de mangas ‘Palmer’ tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenados sob refrigeração**. Lavras, MG. UFLA, 2005. 127p. Dissertação (Mestrado) Universidade de Lavras, MG, 2005.
- HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, n. 1, p. 19-32, 1999.

HOWARD, L.R.; DEWI, T. Sensory, microbiological and chemical quality of minipeeled carrots as affected by edible coating treatment. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 1, p. 142-144, 1995.

HSIEH, Y.C.; YANO, H.; NOGI, M.; EICHHORN, S. J. An estimation of the Young's modulus of bacterial cellulose filaments. **Cellulose**, v.15, p.507-517. 2008.

HUANG, C. Y.; ROAN, M. L.; KUO, M. C.; LU, W. L. Effect of compatibiliser on the biodegradation and mechanical properties of high-content starch/low-density polyethylene blends. **Polymer Degradation and Stability**, v. 90, n.1, p. 95-105, 2005.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 4. ed. v. 4. São Paulo: IMESP, 2008.

IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – Centro avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Frutas. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/>> Acesso em 30/07/07.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009, 18 de maio. Levantamento sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa>> Acesso em: 01/08/2010.

IGUCH, M.; YAMANKA, S. BUDHIONO, A. review Bacterial cellulose – masterpiece of nature's arts. **Journal of Material Science**, v.35, p.261-270, 2000.

ISLAN, M. N.; COLON, T. VARGAS, T. Effects of prolonged solar exposure on the vitamin C contents of tropical fruits. **Food Chemistry**, v. 48, p.75-78, 1993.

IUPAQ- International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting physisorption data for gas/solid systems. **Pure and Applied Chemistry**, v.57, n.4, p.603-619,1985.

JACOMETTI, G. A.; MENEGHEL, R. F. A.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimentos comestíveis em pêssego (*Prunus persica*). **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 95-100, 2003.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; MOREIRA, R. C.; KLUGE, R. A. Processamento mínimo de frutas no Brasil. In: **SIMPOSIUM “Estado actual Del mercado de frutos y vegetales cortados em Iberoamérica”**. San José, Costa Rica. p.79-86, abr. 2004.

JAGANNATH, A.; MANJUNATHA, S.S.; RAVI, N. RAJU, P.S. The effect of different substrates and processing conditions on the textural characteristics of bacterial cellulose (nata) produced by *Acetobacter xylinum*. **Journal of Food Process Engineering**, p. 1-16, 2009.

JERÔNIMO, R. F.; KANESIRO, M. A. B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas “Palmer”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.22, n.2, p.237-243, 2000.

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/tomoll/II-62.pdf](http://www.encb.ipn.mx/cibia/tomoll/II-62.pdf)> Acesso em: 13/12/2007.

JENSEN, S.; GROSSMANN, M. V. E. MALI, S. Microestrutura e estabilidade de filmes de amido de mandioca adicionados de emulsificantes com diferentes equilíbrios hidrofílico/lipofílico. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 12, n. 2, p. 97-105, abr./jun. 2009.

JIN, H.; LEE, N-K.; SHIN, M-K.; KIM, S-K.; KAPLAN, D. L.; LEE, J-W. Production of gellan gum by *Sphingomonas paucimobilis* NK2000 with soybean pomace. **Biochemical Engineering Journal**. v.16, p.357-360, 2003.

JIANG, Y.; LI, Y. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. **Food Chemistry**, v. 73, n. 2, p. 139-143, 2001.

JONAS, R.; FARAH, L. F. Production and application of microbial cellulose. **Polymer Degradation and Stability**, v.59, n.1-3, p.101-106, 1998.

KADER, A. A. Respiration and gas exchange of vegetables” p. 25_ In WEICHMANN, J. (ed.), **Postharvest Physiology of Vegetables**. Marcel Dekker, New York, EUA, 1987.

KADER, A. A. Quality and its maintenance in relation to postharvest physiology of strawberry, p. 145-152, 1991 _ In LUBY, A. (ed), *The strawberry into the 21st century*, Timber Press, Portland, Oregon, EUA.

KALOGIANNIS, S.; IAKOVIDOU, G.; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M.; KYRIAKIDIS, D. A.; SKARACIS, G. N. Optimization of xanthan gum production by *Xanthomonas campestris* grown in molasses. **Process Biochemistry**, v.39, p.249-256, 2003.

KALT, W.; PRANGE, R. K.; LIDSTER, P.D. Postharvest color development of strawberries: influence of maturity, temperature and light. Canadian, **Journal of Plant Science**, v. 73, p. 541-548, 1993.

KE, D.; GOLDSTEIN, L.; O'MAHONY, M.; KADER, A. A. Effects of short term exposure to low O₂ atmospheres on quality attributes of strawberries. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 1, p. 50-54, 1991.

KESTER, J.J.; FENNEMA, O.R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, v. 40, n. 12, p. 47-59, 1986.

KLEMM D, HEUBLEIN B, FINK HP, BOHN A. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. **Angew. Chem. Int. Ed. Engl**, v. 44, p. 3358–3393, 2005.

KLEMM, D., SCHUMANN, D., UDHARDT, U., MARSCH, S. Bacterial synthesized cellulose-artificial blood vessels for microsurgery. **Progress in Polymer Science**, v.26, p. 1561- 1603, 2001.

KRYSTYNOWICZ, A.; CZAJA, W.; POLOMORSKI, L.; KOLODZICZYK, M.; BIELECKI, S. Factors affecting the yield and properties of bacterial cellulose. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 29, p.189-195, 2002.

KUROSUMI, A.; SASAKI, C.; YAMASHITA, Y.; NAKAMURA, Y. Utilization of various fruit juices as carbon source for production of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* NBRC 13693. **Carbohydrate Polymers**, v.76, p. 333-335, 2009.

KYAZANOVA, L. P.; SUZINA, N. E.; KULAKOVSKAYA, T. V.; KULAEV, I. S. Phosphate accumulation of *Acetobacter xylinum*. **Arch Microbiol.**, v.191, p. 467-471. 2009.

LABUZA, T. P.; KAAUANE, A.; CHEN, J. Y. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. **Journal of Food Science**. London, v.50, p. 385-391, 1985.

LACADIN, A. L.; MILLAN, E.T. Relative effectiveness of coconut, dalanghita an citrus variety, pineapple and tomato as media for producing nata (Philippine de licacy). **TCA Research Journal**, v.2, n.3, p.235-245, 1980.

LAMIN, R. **Quitosana e N-Carboximetilquitosana:Desenvolvimento de biofilmes para aplicações farmacêuticas**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí, 2006.

LAMIKANRA, O.; RICHARD, O.A. Effect of storage on some volatile aroma compounds in fresh-cup cantaloupe melon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 4043- 4047, 2002.

LAURINDO, J. B.; PELEG, M. Mechanical measurements in puffed Rice cakes. **Journal of Texture Studies**, v.38, p.619-634, 2007.

LASZKIEWICZ, B. Solubility of bacterial cellulose and its structural properties. **Journal of Applied Polymer Science**, v.67, p.1871-1876, 1998.

LEE, D. H, FRANCIS, F. J. Standardization of Pigment Analyses in Cranberries. **HortScience**, v. 7, n.1, p. 83-84, 1972.

LEE, J. Y.; PARK, H. J.; LEE, C. Y.; CHO, W. Y. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Lebensmittel – Wissenschaft und - Technologie**, v.36, n.3, p.326-329, 2003.

LEISTNER, L. Food preservation by combined methods. **Food Research International**, v.25, p.151-158, 1992.

LEGNARO A; SÁBIO RP. Batata 2007: resultados positivos a partir de março. **Hortifruti Brasil**, v. 64, p. 12-15, 2007.

LEHNINGER, A. L. **Biochemistry**. Worth Publishers. 2nd Ed. 1994.

LEME, A. C.; GROppo, V. D.; ROMERO, A. C.; SPOTO, M. H. F.; JACOMINO, A. P. Influência do uso de películas comestíveis em laranja 'pera' minimamente processada. **B. CEPPA**, v. 25, n.1, p. 15-24, 2007.

LEMOS, O.L. **Utilização de biofilmes comestíveis na conservação pós-colheita do pimentão 'Magali R'**. Vitória da conquista, 130f. Dissertação (Mestrado em Agronomia em Fitotecnia) – Universidade estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, 2006.

LEONEL, M. Processamento de batata: fécula, flocos, produtos de extrusão. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PROCESSAMENTO DE BATATAS, Pouso Alegre, Minas Gerais. **Anais...** Pouso Alegre: EPAMIG, 2005. CD.

LEUFSTEDT, G. Opportunities for future diversification of the coconut industry. **Oleagineux**, v. 11, n.45, p. 505-508, 1990.

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia: Tecnologia das fermentações**. São Paulo, Edgard Blücher, v.1, 1975.

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**. São Paulo, Edgard Blücher, v.3, 2001.

LIN, F. C.; BROW JR. R. M.; **Purification of cellulose synthase from *Acetocater xylinum***. In: Schuerch C (ed) **Cellulose and Wood** – Chemistry and Tecnology, p. 473 – 492. John Wiley and Sons, New York, 1989.

LIN, F. C.; BROWN JR, R. M.; DRAKE JR, R. R.; HARLEY, B. E. Identification of the Uridine 5-Diphosphoglucose (UDP-Glc) binding subunit of cellulose synthase in *Acetobacter xylinum* using the photoaffinity probe 5azido-UDP-Glc. **Journal of Biological Chemistry**, v.256, n.9, p.4782-4784, 1990.

LIN, X., CHEN, S., HU, W., SHI, S., SHEN, W., ZHANG, H. W. In situ synthesis of CdS nanoparticles on bacterial cellulose nanofibers. **Carbohydrate Polymers**, v.76, p.509-512, 2009.

LIN, K. W., LIN, H. Y. Quality characteristics of Chinese-style meat-ball containing bacterial cellulose (nata). **Journal Food Science**, v.69, p.107-111, 2004.

MADAIL, J. C. M. A economia do morango. Embrapa Clima Temperado. **Anais de Palestras e Resumos do IV Simpósio Nacional do Morango e III Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.

MAFTOONAZAD, N.;RAMASWAMY, H. S.; MOALÉMIYAN, M.; KUSHALAPPA, A. C. Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocadoexposed to *Lasiodiplodia theobromae* infection. **Carbohydrate Polymers**, v. 68, p. 341-349, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: Potafos, 1997, 319p.

MALGARIM, M. B. **Tratamentos pré e pós-colheita em citros, pêsego e morango produzidos no Rio Grande do Sul.** 121 f. Tese (Doutorado em Fruticultura de Clima Temperado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

MAIA, L. H.; PORTE, A.; SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **B. CEPPA**, v.18, n.1, p. 105-128, 2000.

MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n.2, p. 185-189, 2006.

MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKY, N. E. Microstructural characterization of Yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, v.50, p. 7720-7725, 2002.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V. E. Effects of yam Starch films on storability and quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*). **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.51, p. 7005-7011, 2003.

MALI, S., GROSSMANN, M.V.E., GARCÍA, M.A., MARTINO, M. N., ZARITZKY, N. E. (2004) Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, v.56, p. 129-135, 2004.

MALI, S.; SAKANAKA, F.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, p. 283-289, 2005.

MARTIN-POLO, M., MAUGUIN, C., VOILLEY, A. Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer.1. Influence of the film preparation technique. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, p.407- 412, 1992.

MARTINS, I. M. G., MAGINA, S. P., OLIVEIRA, L., FREIRE, C. S. R., SILVESTRE, A. J. D., PASCOAL NETO, C., GANDINI, A. New biocomposites based on thermoplastic starch and bacterial cellulose. **Composites Science and Technology**, v.69, p. 2163-2168, 2009.

MARTINS, L. O.; BRITO, L. C.; SÁ-CORREIA, I. Roles of Mn^{2+} , Mg^{2+} and Ca^{2+} on alginate biosynthesis by *Pseudomonas aeruginosa*. **Enzyme and Microbial Technology**, v.12, p. 794-799, 1990.

MARTINS, L. O.; SÁ-CORREIA, I. Temperature profiles of gellan gum synthesis and activities of biosynthetic enzymes. **Biotechnology Applied Biochemistry**, v.20, p.385-395, 1993.

MARTINEZ, M.V.; WHITAKER, J.R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, n. 6, p. 195-200, 1995.

MATEOS, Simone Biehler. **Pele descartável.** Disponível em: <http://www.cni.org.br/produtos/diversos/src/rev44_tecnologia.pdf>. Acesso em: 07/02/07.

MASAOKA, et al. Production of cellulose from glucose by *Acetobacter xylinum*. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, v. 75, n. 1, p.18-22, 1992.

MAUGERI, F.; **Produção de polissacarídeos.** In: LIMA, U.A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. *Biotechnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos.* São Paulo: Edgard Blücher Ltda., v.3, 2001.

MAZARO, S. M.; DESCHAMPS, C.; MIO, L. L. M.; BIASI, L. A.; GOUVEA, A.; SAUTTER, C. K. Comportamento pós colheita de frutos de morangueiro após a aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar – S- metil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n.1, p. 185-190, 2008.

MCHUGH, T. H., KROCHTA, J. M. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.42, 841-845, 1994

MILLER, K. S., KROCHTA, J. M. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: a review. **Food Science and Technology**, v.8, 228-237, 1997.

MIRANDA, M. E. S. **Caracterização físico-química, bioquímica, microscópica e sensorial da n-carboximetilquitosana em solução e filme.** 151f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MITCHAM, E. J.; CRISOTO, C. H.; KADER, A. A. (2004) Strawberry: recommendations for maintaining postharvest quality. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/strawberry.shtml>> Acesso em:12/01/2010.

MONTERREY-QUINTERO, E. S.; SOBRAL, P. J. do. Preparo e Caracterização de proteínas miofibrilares de Tilápia-do-Nilo para Elaboração de Biofilmes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35 n.1, 2000.

MORAES, I. V. M.; CENCI, S. A.; BENEDETTI, B. C.; MAMEDE, A. M. G. N; SOARES, A. G.; BARBOZA, H. T. G. Physical and chemical characteristics of minimally processed strawberries stored under refrigeration and controlled atmospheres. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p. 274-281, 2008.

MORAES, I. V. M. **Morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada.** 2005. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MOREIRA, A. N.; DEL PINO, F. A.; VENDRUSCOLO, C. T. Estudo da produção de biopolímeros via enzimática através da inativação e lise celular e com células viáveis de *beijerinckia* sp. 7070. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p.300-305, 2003.

MORETTI, C. L. Tecnologia de produtos minimamente processados. In: **Anais... CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 30, Foz do Iguaçu-PR, p.5, 2001.

MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A. Alterações de aroma e sabor em frutos de tomate com desordem fisiológica causada por impacto. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 385-388, 2000.

MORETTI, C. L. Laboratório pós-colheita, Embrapa Hortaliças. 2007 Disponível em: WWW.cnph.embrapa.br/public/textos/texto7.html Acesso em: 11 junho de 2010.

MOURA, S. C. S. R., GERMER, S. P. M. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. Manual técnico n.6, 3ª Ed., Campinas: Instituto de Tecnologia em Alimentos (ITAL), 2004.

MORTOLA, V. B.; MEILI, L.; PINTO, L. A. A. Determinação das isotermas de equilíbrio para cebola, gelatina e farinha de pescado: análise dos modelos de GAB, BET e Henderson. **Revista Vetor**, Rio Grande, RS, v. 13, n. 2, p. 79-91, 2003.

MÜLLER, C. **Estudo dos processos de transferência de massa e propriedades mecânicas de biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibras de celulose**. 167f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

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.

NAMPOOTHIRI, K. M.; SINGHANIA, R. R.; SABARINATH, C.; PANDEY, A. Fermentative production of gellan using *Sphingomonas paucimobilis*. **Process Biochemistry**, v.38, p.1513-1519, 2003.

NAKAGAITO, A. N.; IWAMOTO, S.; YANO, H. Bacterial cellulose: the ultimate nanoscalar cellulose morphology for the production of high-strength composites. **App Phys A-Materials**, v. 80, p.93-97, 2005.

NITSCHKE, M.; RODRIGUES, V.; SCHINATTO, L. F. Formulação de meios de cultivo à base de soro de leite para a produção de goma xantana por *X. campestris* C₇L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.21, n°1, p.52-85, 2001.

NUNES, M. C. N. BRECHT J. K., MORAIS A. M. M. B e SARGENT, SA. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. **Postharvest Biology and Technology**, v.6, n.1, p. 17, 1995.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 1033- 1036, 1998.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B. ; SARGENT, A. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those

that occur in harvest fruit during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 180-190, 2005.

NUNES, M. C. N. BRECHT J. K., MORAIS A. M. M. B e SARGENT, SA. Physicochemical changes during strawberry development in the Field compared with those that occur in harvested fruit during storage. **Journal of Science Food Agriculture**, v.86, p. 180-190, 2006.

NOHATA, Y.; KURANE, R. Complete defined medium for large-scale production of polysaccharide bioabsorbent from *Alcaligenes latus* B-16. **Journal Ferment. Bioeng**, v. 83, p.116-117, 1997.

OLIVEIRA, L. M. et al. **Ensaio para avaliação de embalagens plásticas flexíveis**. Campinas: Centro de Tecnologia de Embalagem, CETEA, p.219, 1996.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 520-522, 2006.

OLIVEIRA, C. M.; SILVA, O. F.; SILVA, M. C.; RÉGIS, S. A.; CABRAL, L. M. C.; CENCI, S. A. Utilização do soro de leite bovino como revestimento protetor em morangos. **Boletim CEPPA**, v. 26, n. 2, p. 187-196, 2008.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnología de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, v.1, 2005.

OKIYAMA, A.; SHIRAE, H.; KANO, H.; YAMANKA, S. Bacterial cellulose I. Two-stage fermentation process for cellulose production by *Acetobacter aceti*. **Food Hydrocolloids**, v.6, n.4, p.471-477, 1992.

OKIYAMA, A.; MOTOKI, M.; YAMANAKAS, S. Bacterial cellulose IV Two-stage fermentation process for cellulose production by *Acetobacter aceti*. **Food hydrocolloids**, v.6, n.5, p.417-477, 1992.

OKIYAMA, A.; MOTOKI, M; YAMANKA, S. Bacterial cellulose IV. Application to processed foods. **Food Hydrocolloids**, v. 6, p. 503-511, 1993.

PACE, G.W. **Polímeros Microbianos**. In: BULLOCK, J. e KRISTIANSEN, B. *Biotecnologia Básica*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A. 1991.

PACHECO, J. L. C.; YEE, S. M.; ZENTELLA, M. C.; MARVÁN, E. E. Celulosa Bacteriana en *Gluconacetobacter xylinum*: Biosíntesis y Aplicaciones. Tip **Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas**. Junio, año/vol.7,número 001, p. 18-25. 2004 Universidade Nacional Autónoma de México.

PARK, H.J.; CHINNAN, M. S. Gas and water vapor barrier properties of edible films from protein and cellulosic materials. **Journal of Food Engineering**, v. 25, p.497-507, 1995.

- PARK, H.J.; WELLER, C.L.; VERGANO, P.J.; TESTIN, R.F. Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. **Jornal of Food Science**, v. 58, n. 6, p. 1361-1364, 1993.
- PARK, S.; ZHAO, Y. Incorporation of mineral or vitamin into chitosan-based films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p. 1933-1939, 2004.
- PARK, WON-LL; KIM, HUN-SIK; KWON, SOON-MIN; HONG, YOUNG-HO; JIN, HYOUNG-JOON. Synthesis of bacterial celluloses in multiwalled carbon nanotube-dispersed medium. **Carbohydrate Polymers**, v.77, p.457-463, 2009.
- PELAYO, C.; EBELER, A.E.; KADER, A.A. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5°C in air or air + 20KPa CO₂. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 171-183, 2003.
- PELAYO, Z.C; EBELER S. C.; KADER, A.A. Cultivar and harvest date effects on flavor and other quality attributes of California strawberries. **Journal of Food Quality**, v28, p.78-97, 2005.
- PELCZAR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia – Conceitos e Aplicações**. 2ª edição, v.1, São Paulo, Makron Books, 1996.
- PEREIRA, L. M. **Influência da desidratação osmótica com aditivos na estrutura celular de na manutenção da qualidade de goiabas minimamente processadas**. 202f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.
- PEREZ, A.G.; SANZ, C. Effect of high-oxygen and high-carbon-dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, 5, 2370-2375, 2001.
- PERONI, F.H.G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**.135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São José do Rio Preto, São Paulo, 2003.
- PHISALAPHONG, M.; JATUPAIBOON, N. Biosynthesis and characterization of bacteria cellulose-chitosan film. **Carbohydrate Polymers**, v.74, p. 482-488, 2008.
- PHISALAPHONG, M.; SUWANMAJO, T.; TAMMARATE, P. Synthesis and characterization of bacterial cellulose/alginate blend membranes. **Journal of Applied Polymers Science**, v. 107, p. 3419-3424, 2008.
- PIAGENTINI, A.M.; GÜMES, D.R.; PIROVANI, M.E. Sensory characteristics of fresh-cut spinach preserved by combined factors methodology. **Journal of Food Science**, v. 67, 1544- 1549, 2002.

PIRAN, A. R.; RIGO, L. CARDOSO, J. C.; ALMEIDA, M. S.; JACQUES, R. A.; PADILHA, F. F. Avaliação de filmes fortificados com ferro. **Brazilian Journal of Food Technology**, VII BMCFB, dez, 2008.

PIZARRO, C. A. C. **Avaliação de morangos submetidos a resfriamento rápido e armazenamento em diferentes embalagens e temperaturas**. 74f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas- SP, 2009.

PRADELLA, J. G. da C. Biopolímeros e Intermediários Químicos. Centro de Tecnologia de Processos e Produtos. Laboratório de Biotecnologia Industrial- LBI/CTPP, SP. **Relatório Técnico**, nº 84, p. 396-205, 2006.

PRASANNA, V.; PRBHA, T. M.; THARANATHAN, R. N. Fruit ripening phenomena- An overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, p.1-19, 2007.

PUE, A. G. Preliminary studies on changes in coconut water during maturation of fruit. **Science in New Guinea**, v.8, n.2, p. 81-84, 1992.

PUSCHMANN, R.; COSTA, F. B.; SIMÕES, A. N.; SILVA, E. O.; 2006. Histórias e atualidades sobre pesquisa com processamento mínimo de frutas e hortaliças no Brasil. IN: Encontro nacional sobre processamento mínimo de frutos e hortaliças, 4; Simpósio Ibero-Americano de Vegetais Frescos e Cortados, 1. Resumos. São Pedro: USP/ESALQ.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan. 2001.

RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; MOSQUETA-MELGAR, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. **International Journal of Food Microbiology**, v. 121, p. 313-327, 2008.

RECOUVREUX, D. O. S.; CARMINATTI, C. A.; PITLOVANCIV, D. G. A.; MIQUELETO, A. P.; OLIVEIRA, I. L.; ANTONIO, R. V.; PORTO, L. M. **Evidências da presença de celulose no Biofilme formado por *Chromobacterium violaceum***. 2005. Disponível em: <html://www. Intelab.ufsc.br:8080/port/public/sinaferm2005-Recouvreur%20et%20al%2002.pdf > Acesso em: 22/09/06.

REIS, K. C.; SIQUEIRA, H. H.; ALVES, A. P.; SILVA, J. D.; LIMA, L. C. O. Efeito de diferentes sanitizantes sobre a qualidade de morango cv. Oso Grande. **Ciênc. agrotec.**, v. 32, n. 1, p. 196-202, 2008.

RENAULT, P.; HOUAL, L.; JACQUEMIN, G.; CHAMBROY, Y. "Gas- Exchange in Modified Atmosphere Packaging, 2. Experimental Results with Strawberries". **International Journal of Food Science and Technology**, v. 29, n. 4, p. 379-394, 1994b.

REZENDE, R. L. G. **Efeito da idade fisiológica da batata-semente sobre características produtivas da batata (*Solanum tuberosum* L.) cv Atlantic**. 2007. 54p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical – Instituto Agronômico de Pós-Graduação, IAC, Campinas).

RHIM, J.W. Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. **Lebensm. Wiss.u.-Technology**, v.37, p.323-330, 2004.

RIGO, L. N. **Desenvolvimento e Caracterização de filmes Comestíveis**. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, campus de Erechim. 2006.

RIZZON, L. A.; BERNARDI, J. MIELI, A. Características analíticas dos sucos de maçã Gala, Golden Delicious e Fuji. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.4, p.750-756, 2005.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; TAPIA, M. S.; RODRÍGUEZ, F. J.; CARMONA, A. J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p. 118-127, 2007a.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; SOLIVA-FORTUNY, R.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Apple puree-alginate edible coatings as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh cut apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 245-264, 2007b.

ROSA, M.F. Utilização da casca de coco como substrato agrícola. **Documento 52. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**. Maio 2002, 24p.

ROSINA, C. R.; BARONI, S.; CAVALCANTI, O. A. Avaliação das propriedades de intumescimento e permeabilidade de filmes isolados de polimetacrilato contendo polissacarídeo da raiz de Lótus (*Nelumbo nucifera*). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 40, n. 3, jul./set., 2004.

ROSS, P.; ALONI, Y.; WEINHOUSE, H.; MICHAELI, D.; WEINBERGER-OHANA, P.; MAYER, R.; BENZIMAN, M. Control of cellulose synthesis in *Acetobacter xylinum*. A unique guanil oligonucleotide is the activator of the cellulose synthetase. **Carbohydr. Res.**, v.149, p.101-117, 1986.

ROSS, P.; WEINHOUSE, H.; ALONI, Y.; MICHAELI, D.; WEINBERGER, P.; MAYER, R.; BRAUN, S.; DE VROOM, E.; VAN DER MARE, G. A., VAN BOOM, J. H.; BENZIMAN, M. Regulation of cellulose synthesis in *Acetobacter xylinum* by cyclic diguanylic acid. **Nature**, n. 325, p.279-281, 1987.

ROSS, P.; MAYER, R.; BENZIMAN, M. Cellulose Biosynthesis and Function in Bacteria. **Microbiological Reviews**. p.35-38, 1991.

ROTTA, J. **Propriedades físico-químicas de soluções formadoras e de filmes de quitosana e Hidroxipropilmetilcelulose**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ROTTAVA, I. **Seleção de linhagens de *Xanthomonas sp.* para produção de goma xantana.** Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos). Universidade Regional Integrada – URI, Erechim, 2005.

RUBINSKIENE, M.; VISKELIS, P.; JASUTIENE, I.; VISKELIENE, R.; BOBINAS, C. Impact of various factors on the composition and stability of black currant anthocyanins. **Food Research International**, v.38, n.8-9, p.867-871, 2005.

SAIBUATONG, ONG-ARD; PHISALAPHONG, M. Novo *Aloe vera*-bacterial cellulose composite film biosynthesis. **Carbohydrate Polymers**, v.79, p.455-460. 2010.

SANTANA, A. OKAMOTTO, P.T.; BARBOZA, L.C.; FIGUEIREDO, L. C; GRACIOSO, F.; ROSSITER, R.; PAULA, J.; MAYANA, P.; GALLUCCI, L.; MAURICIO, M.; GIDRA, G.; CUNHA, R.D. Hortaliças minimamente processadas. Estudos de mercado SEBRAE/ESPM 2008. Relatório completo. Série Mercado. p.1-174, 2008.

SANTOSO, U.; KUBO, K.; OTA, T.; TADOKORO, T.; MAEKAWA, A. Nutrient composition of *kopyor* coconuts (*Cocos nucifera* L.). **Food Chemistry**, v.57, n.2, p. 229-304. 1996.

SANZ, C.; PÉREZ, A. G.; OLÍAS, R.; OLÍAS, J. M.; Quality of strawberries packed with perforated polypropylene. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 748 – 752, 1999.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. Embalagens para vegetais minimamente processados-FRESH CUT. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens-** Instituto de Tecnologia em alimentos (ITAL), v.9, n.5, 1997.

SARANTÓPOULOS, C.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R.M.V; GRACIA, E.E.C. Embalagens Plásticas Flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades. CETEA/ ITAL, Campinas, 2002.

SAXENA, I. M.; KUDLICKA, K.; OKUDA K.; BROWN JR, R. M. Characterization of genes in the cellulose-synthesizing operon (acs operon) of *Acetobacter xylinum*: implications for cellulose crystallization. **Journal of Bacteriology**, v.176, p. 5735-5752, 1994.

SAXENA, I. M.; BROWN JR, R. M. Structure-function characterization of cellulose synthase: relationship to other glycosyl-transferase. **Phytochemistry**, v.57, p.1135-1148, 2001.

SAXENA I. M.; BROWN JR R. M. Identification of a second cellulose synthase gene (*acsAII*) in *Acetobacter xylinum*. **J. Bacteriol**, v. 177, p.5276-5283, 1995.

SENHORAS, E. M. Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco: transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes. Universidade Estadual de Campinas- Instituto de Economia, 2003.

SILVA, M. Z. T.; GUERRA, N. B. Avaliação das condições de Produção de Frutos Minimamente Processados. **Revista Higiene Alimentar**, v.17, n.111, agosto, 2003.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo, Varela, 295 p., 2010.

SILVA, E. O.; BASTOS, M. S. R.; ALVES, R. E.; SOARES, N. F. F.; PUSCHMANN, R. Segurança microbiológica em frutas e hortaliças minimamente processadas. In: I Simpósio Íbero-Americano de Vegetais Frescos Cortados, 2006, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro, SP, 2006.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J.A. Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **Amer. J. Enol. Viticult.** v.16, p.144-158, 1965.

SIRACUSA, V.; ROCCULI, P.; ROMANI, S.; ROSA, M. S. Biodegradable polymers for food packaging: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v.19, p.634-643, 2008.

SHIN, Y., LIU, R.H., NOCK, J.F., HOLLIDAY, D., and WATKINS, C.B. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 349–357, 2007.

SHODA. **Production of biocellulose (bacterial cellulose)**. Laboratory. Disponível em: <<http://www.res.titech.ac.jp/~juncan/english/index.html>>. Acesso em: 21/11/2007.

SOARES, A.G. Perdas Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças. In: FÓRUM AGRONEGÓCIOS DA UNICAMP, maio 2009, Campinas. **Qualidade e Segurança de Alimentos**. Campinas: UNICAMP, 2009. Mesa Redonda: Qual o Tamanho do Desperdício.

SOBRAL, P.J.A. Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre as suas propriedades funcionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1-14, 2000.

SOBRAL, P. J. A. Estado da arte da tecnologia de filmes comestíveis no Brasil. **4º Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos**, Campinas, SP, 2001.

SOKOLNICKI, A. M.; FISHER, R. J.; HARRAH, T. P.; KAPLAN, D. L. Permeability of bacterial cellulose membranes. **Journal of Membrane Science**, v. 272, p. 15-27, 2006.

SOMERS, T. C.; ZIEMELIS, G. Spectral evaluation of total phenolic components in vitis vivifera: grapes and wines. **Journal Science Food. Agriculture**, v. 36, p. 1275- 1284, 1985.

SOMOGYI, M. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v.195, n.1, p.19-23, 1952.

SON, HONG-JOO; KIM, HEE-GOO; LEE, SANG-JOON. Optimization of fermentation conditions for the production of bacterial cellulose by a newly isolated *Acetobacter* sp. A9 in shaking cultures. **Biotechnol. Appl. Biochem.**, v.33, p.1-5, 2001.

SON, HONG-JOO; KIM, HEE-GOO ; KIM, KEUN-KI; KIM, HAN SOO; KIM YONG-GYUN; LEE, SANG-JOON. Increased production of bacterial cellulose by *Acetobacter* sp. V6 in synthetic media under shaking culture conditions. **Bioresource Technology**, v.86, p. 215-219, 2003.

SOUZA, D. M.; GARCIA-CRUZ, C. H. Produção fermentativa de polissacarídeos extracelulares por bactérias. **Semina Ciências Agrárias**, v.25, n°4, p.331-340, 2004.

SOYKEABKAEW, N.; SIAN, C.; GEA, S.; NISHINO, T.; PEIJS, T. All-cellulose nanocomposites by surface selective dissolution of bacterial cellulose. **Cellulose**, v.16, p. 435-444, 2009.

SREBERNICH, S.M. Teores de minerais na água de coco da variedade gigante relacionada a idade do fruto. In: **XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. ago. 2000. Fortaleza-Ceará. Livro de resumo v.2, p.5220.

SPECHT, S.; BLUME, R. Competividade e segmento de mercado à cadeia do morango: algumas evidências sobre o panorama mundial e brasileiro. **47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, Porto Alegre, 26 a 30 de Julho de 2009.

SPINOSA, A. M. **Bactérias acéticas: interesse industrial pelas bactérias acéticas**. 2002. Disponível em: <http://www.fai.com.br/cursos/biologicas/engen/download/agosto/industrial.ppt> Acesso em: 21/04/2007.

STEVENSON, R; LORIA, R. FRANC, G. D.; WEINGARTNER, D. P. Compendium of Potato Diseases. St. Paul: **The American Phytopathological Society**, p.134, 2001

STURM, W.; DERGINT, D. E. A., SOCCOL, C. R., PANDEY A. **Instrumentation and Control in SSF** (Chapter 07) In: Ashok Pandey; Carlos Ricardo Soccol; Christian Larroche. (Org.). *Current Developments in Solid-State Fermentation*. v.1, p.146-168, 2008.

SUTHERLAND, I. W.; TAIT, M. I. Biopolymers. **Encyclopedia of Microbiology**, v.1, 1992.

SUTHERLAND, I. W. Microbial polysaccharides from gram-negative. **International Dairy Journal**, Barking, n.11, p.663-674, 2001.

SUTHERLAND, I. W. A sticky business. Microbial polysaccharides: current products and future trends. **Microbiology Today**. n°29, p.70-71,2002.

SWAIN, S. N. BISWAL, S. M. NANDA, P. K. NAYAK, P. L. Biodegradable soy-based plastics; opportunities and challenges. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 12, p. 35-42, 2004.

SWARTZBERG, H. G. **Modeling of gas vapor transport through hydrophilic films**. In M. Mathlouthi (Ed.) Food packaging and preservation (p. 115-135). NY, USA: Elsevier Science Publishing Co. 1986.

TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Wheat glúten composite and bilayer edible films: effect of lipid additio. **Res. Adv. In Agricultural & Food Chemistry**, v. 3, p. 53-60, 2002.

TANADA-PALMU, P.; FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. R. F. Filmes Biodegradáveis. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 26, maio/junho, 2002.

TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Development and characterization of edible films based on glúten from semi-hard and soft Brazilian wheat flours (development of films based on gluten from wheat flours). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n.2, 2003.

TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, p.199-208, 2005.

TAPIA, M. S.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; CARMONA, A.; RODRÍGUEZ, F. J.; SOLIVAFORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Use of alginate and gellan- based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 1493-1503, 2008.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI X. Starch – composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 151-165, 2004.

TRABULSI, L.R. et al. **Microbiologia**. 3 ed. Atheneu, 1999, 586p.

TSUCHIDA, T.; YOSHINAGA, F. Production of bacterial cellulose by agitation culture systems. **Pure&Appl.Chem.**, v.69, p. 2453-2458, 1997.

VAISALA, 2006. CO2 Sensors model GMT221. Technical Data. Disponível em: <http://www.vaisala.com> . Acesso: 10/05/2006.

VANDAMME, E.J. BAETS, S de; VABAELEN, A.; JORIS, K.; WUFF, P. de. Improved productio of bacterial cellulose and its application potencial. **Polymer Degradation and Stability**, v 59, n.1, p. 93-99, 1998.

VARGAS, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, C. MARTÍNEZ- GONZÁLEZ. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v.41, p.164-171, 2006.

VARGAS, M.; PASTOR, C.; CHIRALT, A.; MCCLEMENTS, D. J.; GONZÁLEZMARTÍNEZ, C. Recent Advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.48, n. 6, p. 496-511, 2008.

- VEIGA-SANTOS, P.; SUZUKI, C.K.; CEREDA, M. P. SCAMPARINI, A. R. P. Microstructure and color of starch-gum films: Effect of gum deacetylation and additives. Part 2. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 1064 – 1073, 2005.
- VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P. Uso de Filmes de Fécula de Mandioca em Pós-colheita de Pepino (*Cucumis sativus* L.) **Braz. J. Food Technology**, v. 2, p.87-90, 1999.
- VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 198f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- VIEIRA, A. P.; VIEITES, R. L.; EVANGELISTA, R. M. Película de fécula de mandioca no abacaxi minimamente processado. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 17, 2000. **Anais...** Fortaleza:SBCTA, 2000. p. 3-61.
- VIEITES, R. L. et. al. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n2, p. 243-252, abril/junho 2006.
- VIEITES, R. L.; EVANGELISTA, R. M.; CAMPOS, A. J.; MOREIRA, G. C. Avaliação da contaminação microbiana do mamão minimamente processado e irradiado. **Revista Higiene Alimentar**, v.18, n.118, p.65-68, 2004.
- VITTI, M.D.C. **Aspectos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterraba minimamente processadas**. Piracicaba, 2003. 116 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo.
- ZAMUDIO-FLORES, P.B.; BELLO-PÉREZ, L. A.; VARGAS-TORRES, A. HERNÁNDEZ-URIBE, J.P.; ROMERO-BASTIDA, C.A. Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. **Agrociencia**, v. 41, p. 837-844, 2007.
- ZAVAREZE, E.R.; HALAL, S. L.M.; PEREIRA, J. M.; RADIINZ, A.L. ELIAS, M.C.; DIAS, A.R. G. Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal of Food Technology**, p.24-30, 2009.
- ZHANG, D.L.; QUANTICK, P.C. Effect of chitosan coating on enzymatic browning and decay during post-harvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 12, n. 2, p. 195-202, 1997.
- ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWEL, S.; BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p. 849-868, 2002.
- ZHOU, L. L.; SUN, D. P.; HU, L. Y.; LI, Y. W.; YANG, J. Z. Effect of addition of sodium alginate on bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum*. **Journal Ind. Microbiol. Biotechnology**, v.34, p. 483-489, 2007.

- WAN, Y. Z.; LUO, H.; HE, F.; LIANG, H.; HUANG, Y.; LI, X. L. Mechanical, moisture absorption, and biodegradation behaviours of bacterial cellulose fibre-reinforced starch biocomposites. **Composites Science and Technology**, v. 69, p. 1212-1217, 2009.
- WANG, L. Z.; WHITE, P. J. Structure and properties of amylase, amylopectin and intermediary material of oat starch. **Cereal Chemistry**, London, v. 71, n. 3, p. 263-268, 1994.
- WATANABE, K.; TABUCHI, M.; MORINAGA, Y.; YOSHINAGA, F. Structural features and properties of bacterial cellulose produced in agitated culture. **Cellulose**, v.5, p. 187 – 200, 1998.
- WEINHOUSE, H; BENZIMAN, M. Regulation of hexose phosphate metabolism in *Acetobacter xylinum*. **Journal Biochem**, v.138, p.537-542, 1974.
- WLATER JR, W. M.; PURCELL, E. A. Evaluation of several methods for analysis of sweet potato phenolics. **J. Agric. Food. Chem**, v. 27, p.942-946, 1979.
- WOICIECHOWSKI, A. L. **Desenvolvimento de bioprocessos para produção de goma xantana a partir de resíduo agroindustrial de café e de mandioca**. 153f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- WONG, T. Y. Effects of calcium on sugar transport in *Azotobacter vinelandii*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 59, p. 89-92, 1993.
- WRIGHT, K. P.; KADER, A. A. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, n. 1, p. 39-48, 1997.
- WURZBURG, O. B. Cross-linked starches. In: Wurzburg, O. O. (ed.) **Modified starches: properties and uses**. Boca Raton: CRC Press, 1986. Cap. 3, p. 41-53.
- WU, S-C.; LIA, Y-K. Application of bacterial cellulose pellets in enzyme immobilization. **Journal of Molecular Catalysis B:Enzymatic**, v.54, p.103, 2008.
- YAMASHITA, F.; NAKAGAWA, A.; VEIGA, G. F.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Biodegradable Active Packaging for minimally processed fruits and vegetables. **Brazilian Journal of food Technology**, v.8, n.4, p.335-343. 2005.
- YAMASHITA, F.; VEIGA, G. F.; BENASSI, M. T.; ROBERTO, S. R.; Morangos embalados com filme de Policloreto de vinila (PVC). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n.3, p.429-436, 2006.
- YAN, Z.; CHEN, S.; WANG, H.; WANG, B.; WANG, C.; JIANG, J. Cellulose synthesized by *Acetobacter xylinum* in the presence of multi-walled carbon nanotubes. **Carbohydrate Research**, v. 343, p. 73-80, 2008.

YANG, L.; PAULSON, A.T. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. **Food Research International**, v. 33, n.7, p.571-578, 2000.

YANO, H., SUGIYAMA, J., NAKAGAITO, A. N., NOGI, M., MATSUURA, T., HIKITA, M. Optically transparent composites reinforced with networks of bacterial nanofibers. **Adv Mater**, v.17, p. 153-155, 2005.

YIN, J.; LUO, K. CHEN, X.; KHUTORYANSKIY, V. V. Miscibility studies of the blends of chitosan with some cellulose ethers. **Carbohydrate Polymers**, v. 63, p. 238-244, 2006.

APÊNDICE A

TABELA 3.3A – EFEITOS DA REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA PRODUÇÃO DE CELULOSE EM FACM E FACV

FACM				FACV			
Parâmetros	Efeitos	Erro-padrão	p	Parâmetros	Efeitos	Erro-padrão	p
Média/Interações	3,58125	0,090966	1,79E-08	Média/Interações	3,865625	0,099396	1,93E-08
4 por 5	-1,1	0,181931	0,000926	4 por 5	-0,79375	0,198792	0,007177
(2)KH ₂ PO ₄	0,8375	0,181931	0,003679	(2)KH ₂ PO ₄	0,68125	0,198792	0,014024
(7)Fcultivo	0,675	0,181931	0,009967	(7)Fcultivo	-0,63125	0,198792	0,019186
(5)FESO ₄	0,6625	0,181931	0,010816	4 por 6	0,40625	0,198792	0,08701
4 por 7	-0,5875	0,181931	0,017928	(6)H ₃ BO ₃	0,35625	0,198792	0,123298
(4)NAH ₂ PO ₄	-0,55	0,181931	0,023303	4 por 7	0,34375	0,198792	0,134504
3 por 5	-0,375	0,181931	0,084913	(4)NAH ₂ PO ₄	0,33125	0,198792	0,146701
1 por 2	-0,3625	0,181931	0,09339	3 por 4	-0,28125	0,198792	0,206868
2 por 6	0,3375	0,181931	0,112989	(1)NH ₄ _2SO ₄	0,26875	0,198792	0,225138
(6)H ₃ BO ₃	0,2875	0,181931	0,165127	2 por 4	-0,26875	0,198792	0,225138
1 por 4	-0,225	0,181931	0,262397	1 por 2	-0,25625	0,198792	0,244849
2 por 5	0,2125	0,181931	0,287105	3 por 7	0,25625	0,198792	0,244849
2 por 3	-0,2	0,181931	0,313771	2 por 3	0,24375	0,198792	0,266075
4 por 6	0,175	0,181931	0,373245	3 por 6	0,19375	0,198792	0,367381
(1)(NH ₄) ₂ SO ₄	0,1625	0,181931	0,40615	1 por 7	0,18125	0,198792	0,397049
1 por 7	-0,15	0,181931	0,4412	1 por 6	-0,15625	0,198792	0,461772
(3)MGSO ₄	-0,15	0,181931	0,4412	3 por 5	-0,15625	0,198792	0,461772
3 por 7	0,1375	0,181931	0,478392	(5)FESO ₄	0,13125	0,198792	0,533612
2 por 4	-0,125	0,181931	0,517698	2 por 5	0,10625	0,198792	0,612226
1 por 6	0,0875	0,181931	0,647587	1 por 3	-0,09375	0,198792	0,653874
1 por 3	-0,075	0,181931	0,694485	2 por 7	-0,08125	0,198792	0,696934
3 por 6	-0,05	0,181931	0,792666	(3)MGSO ₄	-0,08125	0,198792	0,696934
1 por 5	-0,0375	0,181931	0,843512	2 por 6	-0,04375	0,198792	0,833106
2 por 7	-0,025	0,181931	0,895198	1 por 4	-0,03125	0,198792	0,880244
3 por 4	-0,0125	0,181931	0,947455	1 por 5	-0,00625	0,198792	0,975938

TABELA 3.4A - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES OBTIDOS DA PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA EM FACM, DURANTE 168H

Parâmetros	SQ	gl	MQ	Fcal	p	Ftab
(1)NH ₄ _2SO ₄	0,21125	1	0,21125	0,797797	0,40615	5,99
(2)KH ₂ PO ₄	5,61125	1	5,61125	21,19119	0,003679	5,99
(3)MGSO ₄	0,18	1	0,18	0,67978	0,4412	5,99
(4)NAH ₂ PO ₄	2,42	1	2,42	9,13926	0,023303	5,99
(5)FESO ₄	3,51125	1	3,51125	13,26042	0,010816	5,99
(6)H ₃ BO ₃	0,66125	1	0,66125	2,497246	0,165127	5,99

(7)FCULTIVO	3,645	1	3,645	13,76554	0,009967	5,99
1 por 2	1,05125	1	1,05125	3,970102	0,09339	5,99
1 por 3	0,045	1	0,045	0,169945	0,694485	5,99
1 por 4	0,405	1	0,405	1,529504	0,262397	5,99
1 por 5	0,01125	1	0,01125	0,042486	0,843512	5,99
1 por 6	0,06125	1	0,06125	0,231314	0,647587	5,99
1 por 7	0,18	1	0,18	0,67978	0,4412	5,99
2 por 3	0,32	1	0,32	1,208497	0,313771	5,99
2 por 4	0,125	1	0,125	0,472069	0,517698	5,99
2 por 5	0,36125	1	0,36125	1,36428	0,287105	5,99
2 por 6	0,91125	1	0,91125	3,441385	0,112989	5,99
2 por 7	0,005	1	0,005	0,018883	0,895198	5,99
3 por 4	0,00125	1	0,00125	0,004721	0,947455	5,99
3 por 5	1,125	1	1,125	4,248623	0,084913	5,99
3 por 6	0,02	1	0,02	0,075531	0,792666	5,99
3 por 7	0,15125	1	0,15125	0,571204	0,478392	5,99
4 por 5	9,68	1	9,68	36,55704	0,000926	5,99
4 por 6	0,245	1	0,245	0,925256	0,373245	5,99
4 por 7	2,76125	1	2,76125	10,42801	0,017928	5,99
Erro	1,58875	6	0,264792			
Total SQ	35,28875	31				

NOTA - SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; Fcal = Fcalculado; Ftab = F tabelado; $R^2 = 0,95$

TABELA 3.5A - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES OBTIDOS DA PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA EM FACV, DURANTE 168H

Parâmetros	SQ	gl	MQ	Fcal	p	Ftab
(1)(NH ₄) ₂ SO ₄	0,577813	1	0,577813	1,827677	0,225138	5,99
(2)KH ₂ PO ₄	3,712813	1	3,712813	11,74399	0,014024	5,99
(3)MgSO ₄	0,052812	1	0,052812	0,167051	0,696934	5,99
(4)NAH ₂ PO ₄	0,877813	1	0,877813	2,776606	0,146701	5,99
(5)FESO ₄	0,137813	1	0,137813	0,435914	0,533612	5,99
(6)H ₃ BO ₃	1,015313	1	1,015313	3,211532	0,123298	5,99
(7)Fcultivo	3,187813	1	3,187813	10,08336	0,019186	5,99
1 por 2	0,525313	1	0,525313	1,661614	0,244849	5,99
1 por 3	0,070313	1	0,070313	0,222405	0,653874	5,99
1 por 4	0,007813	1	0,007813	0,024712	0,880244	5,99
1 por 5	0,000313	1	0,000313	0,000988	0,975938	5,99
1 por 6	0,195313	1	0,195313	0,617792	0,461772	5,99
1 por 7	0,262813	1	0,262813	0,831301	0,397049	5,99
2 por 3	0,475313	1	0,475313	1,50346	0,266075	5,99
2 por 4	0,577812	1	0,577812	1,827677	0,225138	5,99
2 por 5	0,090313	1	0,090313	0,285667	0,612226	5,99
2 por 6	0,015313	1	0,015313	0,048435	0,833106	5,99

2 por 7	0,052813	1	0,052813	0,167051	0,696934	5,99
3 por 4	0,632813	1	0,632813	2,001647	0,206868	5,99
3 por 5	0,195313	1	0,195313	0,617792	0,461772	5,99
3 por 6	0,300313	1	0,300313	0,949918	0,367381	5,99
3 por 7	0,525313	1	0,525313	1,661614	0,244849	5,99
4 por 5	5,040313	1	5,040313	15,943	0,007177	5,99
4 por 6	1,320313	1	1,320313	4,176277	0,08701	5,99
4 por 7	0,945312	1	0,945312	2,990115	0,134504	5,99
Erro	1,896875	6	0,316146			
Total SQ	22,69219	31				

NOTA - SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; Fcal = Fcalculado; Ftab = F tabelado; $R^2 = 0,91$

TABELA 3.10A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS MINERAIS K, B E $S-SO_4^{-2}$ EM FACM

F	M	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	F tab	R^2
FACM	K	0h e 168h	5930720	1	5930720	225,12	1,13E-07	5,117355	0,97
		Tratamentos	3575465	9	397273,9	15,08	0,000206	3,178893	
		Erros	237092,6	9	26343,62				
		Total	9743277	19					
	B	0h e 168h	1,105112	1	1,105112	11,06	0,008852	5,117355	0,92
		Tratamentos	9,571967	9	1,063552	10,64	0,000818	3,178893	
		Erros	0,898977	9	0,099886				
		Total	11,57606	19					
	$S-SO_4^{-2}$	0h e 168h	536,5533	1	536,5533	11,01	0,00897	5,117355	0,98
		Tratamentos	29996,97	9	3332,997	68,38	3,29E-07	3,178893	
		Erros	438,6623	9	48,74025				
		Total	30972,19	19					

NOTA - F = fermentado; M=minerais; FV=fonte de variação; SQ= soma quadrática; gl= graus de liberdade; MQ= média quadrática; Fcal = teste Fcalculado; Ftab = teste F tabelado.

TABELA 3.11A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS MINERAIS Mg, Fe, B, P, $S-SO_4^{-2}$, EM FACV

F	M	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-p	F tab	R^2
FACV	Mg	0h e 168h	8314,029	1	8314,029	236,26	1,37E-10	4,543077	0,95
		Tratamentos	1714,292	15	114,2861	3,24	0,014474	2,403447	
		Erros	527,8486	15	35,18991				
		Total	10556,17	31					
	Fe	0h e 168h	0,249384	1	0,249384	12,53464	0,002967	4,543077	0,98
		Tratamentos	16,45858	15	1,097239	55,14	2,27E-10	2,403447	
		Erros	0,298434	15	0,019896				
		Total	17,0064	31					
	B	0h e 168h	1,611184	1	1,611184	16,89	0,000927	4,543077	0,91
		Tratamentos	14,72452	15	0,981635	10,29	2,49E-05	2,403447	
		Erros	1,430607	15	0,095374				
		Total	17,76631	31					
	P	0h e 168h	916500,1	1	916500,1	24,57	0,000172	4,543077	0,93
		Tratamentos	7076727	15	471781,8	12,65	6,59E-06	2,403447	
		Erros	559316,7	15	37287,78				
		Total	8552543	31					
	$S-SO_4^{-2}$	0h e 168h	955,4618	1	955,4618	11,18	0,004434	4,543077	0,96
		Tratamentos	34484,78	15	2298,985	26,91	3,86E-08	2,403447	
Erros		1281,162	15	85,41079					
Total		36721,41	31						

NOTA - F = fermentado; M=minerais; FV=fonte de variação; SQ= soma quadrática; gl= graus de liberdade; MQ= média quadrática; Fcal = teste F calculado; Ftab = teste F tabelado

APÊNDICE B

TABELA 4.5B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DA ESPESSURA E GRAMATURA, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

FV	Espessura						Gramatura					
	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R ²	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R ²
Regressão	0,006408	5	45,86964	1,34E-10	2,68	0,91	17281,31	5	96,32511	14	2,68	0,95
Resíduos	0,000587	21					753,5054	21				
Falta de ajuste	0,000427	3	16,00255	2,55E-05	3,16		520,5327	3	13,40584	05	3,16	
Erro puro	0,00016	18					232,9727	18				
Total	0,006995	26					18034,81	26				

NOTA - FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado; R²=coeficiente de determinação.

TABELA 4.6B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DA DENSIDADE E OPACIDADE, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

FV	Densidade						Opacidade					
	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R ²	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R ²
Regressão	3,230876	5	38,17453	7,57E-10	2,68	0,90	665,3313	5	47,76297	9,13E-11	2,68	0,91
Resíduos	0,355464	21					58,50539	21				
Falta de ajuste	0,321931	3	57,60195	1,99E-09	3,16		58,50312	3	154861,2	0	3,16	
Erro puro	0,033533	18					0,002267	18				
Total	3,586341	26					723,8367	26				

NOTA - FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado; R²=coeficiente de determinação.

TABELA 4.7B – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P<0,05) DA ESPESSURA E GRAMATURA, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Parâmetros	Espessura			p	Parâmetros	Gramatura		
	Coefficientes	Erros-padrão				Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	8,405092	2,683562	0,005036	F.G	5504,757	3041,123	0,084614	
C.G	8,040505	2,45321	0,003593	C.G	4760,411	2780,078	0,101565	
G	-6,06381	1,910417	0,00457	G	-3723,47	2164,963	0,10016	
F.C	-0,12481	0,073181	0,102858	F	-57,1849	72,07638	0,436422	
F	-0,10504	0,063602	0,113496	F.C	56,85278	82,93189	0,500504	
C	0,02	0,003052	1,72E-06	C	9,333333	3,458382	0,013447	

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Espessura R² = 0,91; Gramatura R² = 0,95

TABELA 4.8 B – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P<0,05) DA DENSIDADE E OPACIDADE, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Densidade				Opacidade			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p
F.G	-229,758	66,05241	0,002244	F.G	-5159,2	847,4004	4,84E-06
C.G	-209,966	60,3826	0,00225	C.G	-4926,16	774,6611	2,64E-06
G	170,0125	47,02245	0,001623	G	3700,69	603,261	4,36E-06
F	5,965167	1,565481	0,001021	F.C	142,4336	23,10874	4,09E-06
F.C	3,567542	1,80126	0,060888	F	125,0508	20,08389	3,55E-06
C	0,43	0,075115	1,11E-05	C	23,75	0,963668	5,55E-17

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Densidade $R^2 = 0,90$; Opacidade $R^2 = 0,91$

TABELA 4.10B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DA UMIDADE E SOLUBILIDADE, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

FV	Umidade						Solubilidade					
	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R^2	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R^2
Regressão	592,9513	5	78,50646	7,25E-13	2,68	0,94	15841,86	5	91,53693	1,58E-13	2,68	0,95
Resíduos	31,72217	21					726,8741	21				
Falta de ajuste	13,32067	3	4,343342	0,018093	3,16		426,8175	3	8,534737	0,000972	3,16	
Erro puro	18,4015	18					300,0567	18				
Total	624,6735	26					16568,74	26				

NOTA - FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado; R^2 = coeficiente de determinação.

TABELA 4.11B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO pH 1,8 (1 E 10 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

FV	Índice de Intumescimento em pH 1,8											
	1 minuto						10 minutos					
	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R^2	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R^2
Regressão	64138,7	5	27,67344	1,43E-08	2,68	0,86	105926,2	5	39,94266	4,96E-10	2,68	0,90
Resíduos	9734,335	21					11138,21	21				
Falta de ajuste	4009,051	3	4,201418	0,020331	3,16		5284,204	3	5,415985	0,007821	3,16	
Erro puro	5725,283	18					5854,009	18				
Total	73873,03	26					117064,4	26				

NOTA - FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado; R^2 = coeficiente de determinação.

TABELA 4.12B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO pH 1,8 (30 E 60 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

FV	Índice de Intumescimento em pH 1,8											
	30 minutos						60 minutos					
	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R^2	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R^2
Regressão	147819	6	12,36257	8,02E-06	2,68	0,78	175634,3	6	33,03963	2,32E-09	2,68	0,90
Resíduos	39856,61	20					17719,56	20				

Falta de ajuste	31347,84	2	33,15763	9,21E-07	3,55	15418,19	2	60,29602	1,05E-08	3,55
Erro puro	8508,767	18				2301,374	18			
Total	187675,6	26				193353,9	26			

NOTA - FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado; R²=coeficiente de determinação.

TABELA 4.13B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO pH 8,0 (1 E 10 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

FV	Índice de Intumescimento em pH 8,0											
	1 minuto						10 minutos					
	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R ²	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R ²
Regressão	101185,5	6	20,11703	1,69E-07	2,68	0,85	117567,8	6	22,17477	7,44E-08	2,68	0,86
Resíduos	16766,15	20					17672,9	20				
Falta de ajuste	3340,449	2	2,23929	0,135373	3,55		15471,95	2	63,26702	7,21E-09	3,55	
Erro puro	13425,7	18					2200,95	18				
Total	117951,7	26					135240,7	26				

NOTA - FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado; R²=coeficiente de determinação.

TABELA 4.14B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO pH 8,0 (30 E 60 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

FV	Índice de Intumescimento em pH 8,0											
	30 minutos						60 minutos					
	SQ	gl	Fcal	valor-p	Ftab	R ²	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R ²
Regressão	282007,7	6	42,38751	2,44E-10	2,68	0,92	300248,1	6	33,45317	2,07E-09	2,68	0,90
Resíduos	22176,95	20					29917,25	20				
Falta de ajuste	19946,02	2	80,46598	1,06E-09	3,55		26278,89	2	65,00458	5,82E-09	3,55	
Erro puro	2230,932	18					3638,359	18				
Total	304184,7	26					330165,3	26				

NOTA - FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado; R²=coeficiente de determinação.

TABELA 4.15B – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P<0,05) DA UMIDADE E SOLUBILIDADE, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Umidade				Solubilidade			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p
C.G	-609,3	570,4207	0,297574	F.G	6021,462	2986,898	0,056777
F.G	-573,729	623,9822	0,368295	C.G	5925,781	2730,508	0,041607
G	400,7031	444,2104	0,377257	G	-4418,37	2126,361	0,050172
F	35,33974	14,78874	0,026322	F.C	-299,282	81,45316	0,001412
C	7,467935	0,709596	7,86E-10	F	-21,5089	70,79122	0,764243
F.C	-3,96383	17,01609	0,818059	C	2,66	3,396717	0,442306

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Umidade $R^2 = 0,94$; Solubilidade $R^2 = 0,95$

TABELA 4.16B – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 1,8 (1 E 10 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Índice de Intumescimento em pH 1,8							
1 minuto				10 minutos			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	-15628,6	10930,6	0,167483	F.C	10555,41	10688,62	0,334622
C.G	-12278	9992,334	0,23276	B.G	8352,603	11692,26	0,482864
G	11183,37	7781,448	0,1654	G	-7199,37	8323,674	0,396852
F.C	-615,149	298,0791	0,051621	F.C	-1298,01	318,8498	0,000548
F	503,0386	259,0615	0,0657	F	293,2652	277,1134	0,301947
C	244,7333	12,43034	5,13E-15	C	199,6333	13,2965	1,06E-12

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. 1 minuto $R^2 = 0,86$; 10 minutos $R^2 = 0,90$

TABELA 4.17B – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 1,8 (30 E 60 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Índice de Intumescimento em pH 1,8							
30 minutos				60 minutos			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	-429804	86935,06	7,82E-05	F.G	-340177	75319,19	0,000211
C.G	-369186	74785,02	7,95E-05	C.G	-288559	64792,58	0,000244
G	309874,4	62997,07	8,28E-05	G	248620,8	54579,69	0,000192
F.C.G	-115912	24911,52	0,000153	F.C.G	-125950	21582,95	1,04E-05
F.C	17545,21	3711,864	0,000129	F.C	15998,61	3215,902	7,28E-05
F	9734,466	1861,135	4,06E-05	F	7282,261	1612,458	0,000211
C	161,5933	25,77357	4,03E-06	C	260,6967	22,32982	2,21E-10

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. 1 minuto $R^2 = 0,78$; 10 minutos $R^2 = 0,90$

TABELA 4.18B – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 8,0 (1 E 10 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Índice de Intumescimento em pH 8,0							
1 minuto				10 minutos			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	-126204	56384,7	0,0367	F.G	-133728	57889,35	0,031679
C.G	-108653	48504,4	0,0366	C.G	-113080	49798,74	0,034365
G	91854,92	40858,9	0,0360	G	96697,74	41949,24	0,032006
F.C.G	-39107,9	16157,2	0,0251	F.C.G	-43456,2	16588,38	0,016412
F.C	5323,312	2407,4	0,0388	F.C	5328,455	2471,7	0,043459
F	2763,396	1207,1	0,0330	F	3133,832	1239,315	0,01997
C	271,6233	16,71	5,46E-13	C	261,0467	17,16241	1,86E-12

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. 1 minuto $R^2 = 0,85$; 10 minutos $R^2 = 0,86$

TABELA 4.19B – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DO ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO EM pH 8,0 (30 E 60 MINUTOS), EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Índice de Intumescimento em pH 8,0							
30 minutos				60 minutos			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	-164423	64847,87	0,019679	F.G	-340177	75319,19	0,000211
C.G	-137549	55784,73	0,022843	C.G	-288559	64792,58	0,000244
G	121332,1	46991,7	0,017806	G	248620,8	54579,69	0,000192
F.C.G	-78371,4	18582,36	0,000423	F.C.G	-125950	21582,95	1,04E-05
F.C	8762,341	2768,808	0,004873	F.C	15998,61	3215,902	7,28E-05
F	3476,905	1388,285	0,021032	F	7282,261	1612,458	0,000211
C	285,2233	19,22539	2,95E-12	C	260,6967	22,32982	2,21E-10

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. 1 minuto $R^2 = 0,92$; 10 minutos $R^2 = 0,90$

TABELA 4.21B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS VALORES DA TPVA E PVA, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

FV	TPVA						PVA					
	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R^2	SQ	gl	Fcal	valor-P	Ftab	R^2
Regressão	59,62017	6	1,736431	0,16422	2,68	0,34	0,06092	5	24,98358	3,54E-08	2,68	0,85
Resíduos	114,4496	20					0,010241	21				
Falta de ajuste	33,57876	2	3,736931	0,043914	3,55		0,008182	3	23,83842	1,71E-06	3,16	
Erro puro	80,87087	18					0,002059	18				
Total	174,0698	26					0,071161	26				

NOTA - FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado; R^2 = coeficiente de determinação.

TABELA 4.22B – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA TPVA E PVA, EM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL, COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

TPVA				PVA			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	-3584,91	4658,563	0,450572	F.G	37,36015	11,21157	0,003162
C.G	-2939,67	4007,483	0,471738	C.G	35,5549	10,24919	0,002294
G	2669,666	3375,806	0,438325	G	-26,8509	7,98147	0,002935
F.C.G	-1644,67	1334,926	0,232225	F.C	-0,68265	0,305741	0,03658
F.C	210,4377	198,9066	0,30268	F	-0,60198	0,265721	0,03418
F	109,3538	99,73208	0,285898	C	0,058333	0,01275	0,000164
C	38,70667	1,38112	1,59E-17				

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. TPVA $R^2 = 0,34$; PVA $R^2 = 0,85$

APÊNDICE C

TABELA 5.1C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DE MASSA EM MORANGO CV 'FESTIVAL' COBERTO COM BIOFILME DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
Massa	Tratamentos	Regressão	15,23841	5	3,047682	16,05742	1,48E-06	2,68	5,9915	0,79
		Resíduos	3,985777	21	0,189799					
		Falta de ajuste	0,575975	3	0,191992	1,013504	0,40975	3,16		
		Erro puro	3,409803	18	0,189433					
		Total	19,22419	26	0,739392					
	Tempos	Regressão	336,8814	1	336,8814	3047,415	1,21E-27	4,24	718,7299	0,99
		Resíduos	2,763665	25	0,110547					
		Total	339,6451	26						

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.3C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P≤0,05) DA MASSA A 0H E 192H

Parâmetros	M 0h			M 192			
	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p
F.G	-925,261	142,8799	2,04E-06	F.G	-837,537	449,1694	0,076271
C.G	-887,484	130,6154	1,02E-06	C.G	-790,325	410,6135	0,067916
G	664,0366	101,7157	1,82E-06	G	605,4396	319,7619	0,072165
F.C	30,00185	3,896359	1,51E-07	F	31,65612	10,64558	0,007245
F	23,33458	3,386338	8,26E-07	F.C	23,81499	12,24892	0,065383
C	1,306039	0,162484	7,63E-08	C	8,829537	0,510798	6,78E-14

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. M 0h R² = 0,8353; M 192h R² = 0,6018

TABELA 5.4C – ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL EM MORANGO CV 'FESTIVAL' COBERTO COM BIOFILME DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
ATT	Tratamentos	Regressão	0,07197	6	0,01199	49,6625	5,68564E-11	2,60	19,1009	0,93
		Resíduos	0,00483	20	0,00024					
		Falta de ajuste	0,00269	2	0,00134	11,3531	0,00064638	3,55		
		Erro puro	0,00213	18	0,00011					
		Total	0,07680	26	0,00295					
	Tempos	Regressão	0,01793	1	0,01793	9,01005	0,05759195			0,75
		Resíduos	0,00597	3	0,00199					
		Total	0,02390	4						

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.6C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P<0,05) DOS ATT A 0H E 192H

Parâmetros	ATT 0h			ATT 192h			
	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p
F.G	-774,25	114,8386	1,47E-06	F.G	-242,261	119,7673	0,056673
C.G	-664,103	98,78879	1,53E-06	C.G	-202,264	103,0286	0,063683
G	557,8723	83,21727	1,59E-06	G	176,724	86,78879	0,055185
F.C.G	-183,677	32,90737	1,83E-05	F.C.G	-82,5565	34,31969	0,025946
F.C	30,03088	4,903262	5,51E-06	F.C	10,5956	5,113701	0,05141
F	17,61278	2,458504	6,14E-07	F	5,891919	2,564018	0,032487
C	0,257199	0,034046	2,79E-07	C	0,576389	0,035507	5,56E-13

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. ATT 0h $R^2 = 0,8890$; ATT 192h $R^2 = 0,58$

TABELA 5.7C – ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
SST	Tratamentos	Regressão	1,80516	6	0,30086	48,35423	7,28E-11	2,60	18,5977	0,93
		Resíduos	0,12444	20	0,006222					
		Falta de ajuste	0,12444	2	0,06222	0			3,55	
	Tempos	Erro puro	0	18	0					
		Total	1,9296	26	0,074215					
		Regressão	0,32448	1	0,32448	1,583209	0,230429	4,67	0,3390	0,10
		Resíduos	2,66436	13	0,204951					
	Total	2,98884	14							

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.9C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P≤0,05) DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS A 0H E 192H

Parâmetros	SST 0h			Parâmetros	SST 192h		
	Coefficientes	Erros-padrão	p		Coefficientes	Erros-padrão	p
F.G	1115,326	168,6516	1,93E-06	F.G	2964,552	429,3169	1,05E-06
C.G	893,1436	145,0808	5,15E-06	C.G	2557,675	369,3155	1E-06
G	-782,601	122,2126	3,02E-06	G	-2115,23	311,1024	1,31E-06
F.C.G	362,1548	48,32764	3,15E-07	F.C.G	576	123,0221	0,000143
F.C	-45,2694	7,200913	3,88E-06	F.C	-100,8	18,33053	2,21E-05
F	-20,8727	3,61055	1,17E-05	F	-61,6396	9,190959	1,59E-06
C	6,9	0,05	0	C	6,5	0,127279	1,15E-22

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. .SST 0h R² = 0,9775; SST 192h R² = 0,8883

TABELA 5.10C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DA RAZÃO ENTRE OS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E A ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
SST/ATT	Tratamentos	Regressão	54,21398	6	9,035663	56,6635	1,67E-11	2,60	21,7936	0,94
		Resíduos	3,189236	20	0,159462					
		Falta de ajuste	2,274911	2	1,137455	22,39269	1,31E-05	3,55		
	Tempos	Erro puro	0,914325	18	0,050796					
		Total	57,40322	26	2,207816					
		Regressão	63,27745	1	63,27745	29,32395	0,000118	4,67	6,27	0,69
		Resíduos	28,05239	13	2,157876					
	Total	91,32984	14							

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.12C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P ≤0,05) DA RELAÇÃO ENTRE SST/ATT A 0H E 192H

Parâmetros	SST/ATT0h			Parâmetros	SST/ATT 192h		
	Coefficientes	Erros-padrão	p		Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	24696,74	1033,457	3,52E-16	F.G	8594,759	2014,158	0,000377
C.G	21809,42	889,0213	2,12E-16	C.G	7265,176	1732,659	0,000448
G	-17986,7	748,8899	3,19E-16	G	-6182,09	1459,55	0,000406
F.C.G	7594,011	296,1404	8,97E-17	F.C.G	2271,866	577,1634	0,000817
F.C	-1299,9	44,1255	5,99E-18	F.C	-326,182	85,99846	0,001141
F	-488,757	22,1246	1,6E-15	F	-182,16	43,11977	0,000416
C	19,15494	0,306388	2,07E-24	C	11,28966	0,597136	3,15E-14

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. . SST/ATT 0h R² = 0,9920; SST/ATT 192h R² = 0,7104

TABELA 5.13C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DO pH EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
pH	Tratamentos	Regressão	0,178926	6	0,029821	333,4188	5,85E-19	2,60	128,23	0,99
		Resíduos	0,001789	20	8,94E-05					
		Falta de ajuste	0,000173	2	8,64E-05	0,962376	0,400789	3,55		
		Erro puro	0,001616	18	8,98E-05					
		Total	0,180715	26	0,006951					
	Tempos	Regressão	0,077013	1	0,077013	84,14447	4,85E-07	4,67	18,0180	0,86
		Resíduos	0,011898	13	0,000915					
Total		0,088912	14							

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.16C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P≤0,05) DO pH A 0H E 192H

Parâmetros	pH 0h			pH 192h			
	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p
F.G	520,1064	42,70287	1,05E-10	F.G	333,3297	107,657	0,005693
C.G	431,5385	36,73472	1,98E-10	C.G	279,703	92,61089	0,006761
G	-367,705	30,94443	1,62E-10	G	-237,828	78,01315	0,006342
F.C.G	127,0289	12,23664	1,68E-09	F.C.G	117,0074	30,84946	0,001141
F.C	-18,0653	1,823283	3,69E-09	F.C	-16,4926	4,59663	0,001839
F	-8,87699	0,914197	5,18E-09	F	-4,16067	2,304758	0,086113
C	3,556667	0,01266	0	C	3,046667	0,031917	4,48E-28

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. pH 0h R² = 0,98; pH 192h R² = 0,72

TABELA 5.17C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIAS DOS VALORES DA FIRMEZA EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
Firmeza (Kgf)	Tratamentos	Regressão	542002,6	5	108400,5	74,75411	1,18E-12	2,68	27,8933	0,94
		Resíduos	30451,98	21	1450,094					
		Falta de ajuste	4702,863	3	1567,621	1,09585	0,376414	3,16		
		Erro puro	25749,12	18	1430,507					
		Total	572454,6	26	22017,48					
	Tempos	Regressão	230879	1	230879	40,56565	2,46E-05	4,67	8,6864	0,75
		Resíduos	73989,38	13	5691,491					
Total		304868,4	14							

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.19C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P<0.05) DA FIRMEZA A 0H E 192H

Parâmetros	Firmeza 0h			Firmeza 192h			
	Coeficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coeficientes	Erros-padrão	P
C.G	-31000,7	47985,7	0,525251	F.G	103174,8	50860,11	0,055369
F.G	-26987,9	52491,47	0,612523	C.G	102316,1	46494,37	0,039091
G	22476,57	37368,47	0,553955	G	-76237,4	36207,11	0,04745
F.C	1887,277	1431,45	0,201557	F.C	-3515,08	1386,963	0,019288
F	1322,374	1244,078	0,299883	C	1241,667	57,8384	9,06E-16
C	1275	59,69359	1E-15	F	-1020,54	1205,414	0,406745

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Firmeza 0h R² = 0,35; Firmeza 192h R² = 0,78

TABELA 5.20C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DA ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Fta b	R ²
Atividade de água (Aw)	Tratamentos	Regressão	0,00047	5	9,4E-05	1,075229	0,40221	2,68	0,4012	0,20
		Resíduos	0,001835	21	8,74E-05		8			
		Falta de ajuste	0,001043	3	0,000348		0,00142			
		Erro puro	0,000792	18	4,4E-05		5			
		Total	0,002305	26	8,86E-05		3,16			
	Tempos	Regressão	0,000803	1	0,000803	3,436939	0,08657	7		0,20
		Resíduos	0,003037	13	0,000234					
		Total	0,00384	14						

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.22C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P<0,05) DA AW A 0H E 192H

Parâmetros	Aw 0h			Aw 192h			
	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	29,0832	12,90482	0,035029	C.G	7,916115	10,02935	0,438761
C.G	22,469142	11,79709	0,070617	F.G	6,670551	10,97109	0,549699
G	-19,31254	9,186889	0,047777	G	-4,48991	7,810274	0,571486
C	0,9766667	0,014675	6,49E-26	C	0,95	0,012476	3,88E-27
F.C	0,4067802	0,351916	0,260704	F	0,897011	0,260021	0,0024
F	0,1628995	0,305852	0,599895	F.C	-0,42697	0,299183	0,168248

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Aw 0h R² = 0,59; Aw 192h R² = 0,35

TABELA 5.23C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DAS CONTAGENS DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
Contagem de Mesófilos Aeróbios Totais	Tratamentos	Regressão	2E+12	5	4E+11	21,38398	1,37E-07	2,68	7,9790	0,83
		Resíduos	3,93E+11	21	1,87E+10					
		Falta de ajuste	3,9E+11	3	1,3E+11	713,8626	6,82E-19	3,16		
		Erro puro	3,28E+09	18	1,82E+08					
		Total	2,39E+12	26	9,21E+10					
	Tempos	Regressão	6,8E+13	1	6,8E+13	19,19984	0,000742	4,67	4,1113	0,60
		Resíduos	4,61E+13	13	3,54E+12					
		Total	1,14E+14	14						

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.25C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P ≤0,05) DA CONTAGEM DE MESÓFILOS AERÓBIOS TOTAIS A 0H E 192H

Parâmetros	Mesófilos aeróbios totais 0h			Mesófilos aeróbios totais 192h			
	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	5,19E+13	6,77E+12	1,64E-07	F.G	-2,4E+08	68073238	0,001782
C.G	4,72E+13	6,19E+12	1,73E-07	C.G	-2,4E+08	62229958	0,000946
G	-3,7E+13	4,82E+12	1,48E-07	G	1,8E+08	48461067	0,001291
F	-1,2E+12	1,6E+11	3,1E-07	F.C	8107221	1856368	0,00027
F.C	-7,8E+11	1,85E+11	0,000357	F	4624048	1613376	0,009248
C	5099,974	7,7E+09	0,999999	C	313,3333	77413,27	0,996809

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Mesófilos aeróbios totais 0h R² = 0,81; Mesófilos aeróbios totais 192h R² = 0,65

TABELA 5.26C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DOS COMPOSTOS FENÓLICOS EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
C. Fenólicos	Tratamentos	Regressão	5489,914	5	1097,983	14,68547	3,01E-06	2,68	5,4796	0,77
		Resíduos	1570,098	21	74,76659					
		Falta de ajuste	1200,6	3	400,1843	19,49238	6,93E-06	3,16		
		Erro puro	369,5	18	20,5303					
		Total	7060,0	26,0	271,5389					
	Tempos	Regressão	1854,862	1	1854,862	9,79459	0,010697	4,96	1,9747	0,49
		Resíduos	1893,762	10	189,3762					
		Total	3748,624	11						

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.28C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P<0.05) DOS COMPOSTOS FENÓLICOS A 0H E 192H

Parâmetros	C.Fenólicos 0h			C. Fenólicos 192h			
	Coeficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coeficientes	Erros-padrão	p
F.G	29,0832	12,90482	0,035029	C.G	7,916115	10,02935	0,438761
C.G	22,469142	11,79709	0,070617	F.G	6,670551	10,97109	0,549699
G	-19,31254	9,186889	0,047777	G	-4,48991	7,810274	0,571486
C	0,9766667	0,014675	6,49E-26	C	0,95	0,012476	3,88E-27
F.C	0,4067802	0,351916	0,260704	F	0,897011	0,260021	0,0024
F	0,1628995	0,305852	0,599895	F.C	-0,42697	0,299183	0,168248

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Aw 0h R² = 0,59; Aw 192h R² = 0,35

TABELA 5.29C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DA CONCENTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS EM MORANGO 'FESTIVAL', COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
Antocianinas	Tratamentos	Regressão	737,5877	5	147,5175	13,88124	4,67E-06	2,68	5,17	0,76
		Resíduos	223,1694	21	10,62711					
		Falta de ajuste	222,3889	3	74,12963	1709,611	2,75E-22	3,16		
		Erro puro	0,78049	18	0,043361					
		Total	960,7571	26	36,9522					
	Tempos	Regressão	1396,998	1	1396,998	61,68119	1,38E-05	4,96	12,43	0,86
		Resíduos	226,4869	10	22,64869					
		Total	1623,485	11						

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.31C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P ≤0,05) DAS ANTOCIANINAS 0H E 192H

Antocianinas 0h				Antocianinas 192h			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	6747,761	1885,76	0,001772	C.G	-2373,28	621,6365	0,001004
C.G	5650,166	1723,89	0,003593	F.G	-2334,71	680,0071	0,002495
G	-4551,52	1342,465	0,002759	G	1773,658	484,0943	0,001447
F	-158,651	44,69362	0,001896	F	62,63266	16,11657	0,000852
C	52,555	2,144497	6,22E-17	F.C	52,65367	18,5439	0,009821
F.C	0,680768	51,42497	0,989563	C	44,05333	0,773308	1,67E-24

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Antocianinas 0h R² = 0,85; Antocianinas 192h R² = 0,96

TABELA 5.32C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DAS CONCENTRAÇÕES DE ANTIOXIDANTES EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
Antioxidantes	Tratamentos	Regressão	779,881095	5	155,976 22	46,6934381 2	1E-10	2,68	17,4229	0,91
		Resíduos	70,1490559	21	3,34043 12					
		Falta de ajuste	62,2822309	3	20,7607 44	47,5024403 9	9E-09	3,16		
		Erro puro	7,866825	18	0,43704 58					
		Total	850,030151	26	32,6934 67					
	Tempos	Regressão	55,158	1	55,158	0,398288	0,5421 3	4,96	0,08	0,03
		Resíduos	1384,877	10	138,487 7					
		Total	1440,035	11						

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.34C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P ≤0,05) DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTES A 0H E 192H

Antioxidantes 0h				Antioxidantes 192h			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p
C.G	-3167,044201	4410,322438	0,480610226	F.G	7705,325668	3789,850995	0,054870599
F.G	-1450,289947	4824,443727	0,76666564	C.G	7034,04286	3464,537225	0,055182655
G	1231,617997	3434,502294	0,723473094	G	-5339,843057	2697,979845	0,061053877
F.C	607,2455206	131,5633337	0,000149232	F.C	-262,9281229	103,3498284	0,018886068
C	109,6766667	5,486384502	3,78588E-15	F	-94,8110791	89,82168686	0,303167935
F	83,47314518	114,3421402	0,473437827	C	86,93666667	4,309839836	3,16132E-15

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. * Antioxidantes 0h R² = 0,78 *Antioxidantes 192h R² = 0,55

TABELA 5.35C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS DA VITAMINA C EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
Vitamina C	Tratamentos	Regressão	287,1278	6	47,85463	6,601778	0,000577	2,6	2,5391	0,66
		Resíduos	144,975	20	7,248748					
		Falta de ajuste	88,17796	2	44,08898	13,97259	0,000217	3,55		
	Tempos	Erro puro	56,79701	18	3,155389					
		Total	432,1027	26	16,61934					
		Regressão	340,3512	1	340,3512	115,6794	7,68E-08	4,67	24,7707	0,89
		Resíduos	38,24853	13	2,942194					
	Total	378,5997	14							

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.37C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P≤0,05) DA VITAMINA C A 0H E 192H

Vitamina C 0h				Vitamina C 192h			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p
F.G	-34088,5	6665,019	5,28E-05	F.G	-11794,2	7359,526	0,124706
C.G	-29065,2	5733,516	5,86E-05	C.G	-10053	6330,959	0,127991
G	24624,14	4829,774	5,48E-05	G	8632,753	5333,045	0,121168
F.C.G	-8481,52	1909,882	0,000251	F.C.G	-5214,33	2108,895	0,022513
F.C	1246,59	284,5762	0,000289	F.C	731,3225	314,2295	0,030561
F	810,2387	142,687	1,48E-05	F	287,941	157,5552	0,082576
C	49,23967	1,975973	1,56E-16	C	35,86967	2,181873	4,39E-13

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Vitamina C 0h R² = 0,74; Vitamina C 192h R² = 0,67

TABELA 5.38C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA À MÉDIA DOS VALORES DA COR EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
Croma	Tratamentos	Regressão	109,9705	5	21,9941	33,23708	2,72E-09	2,68	12,4018	0,88
		Resíduos	13,89641	21	0,6617					
		Falta de ajuste	9,379875	3	3,1266	12,46071	0,00012	3,16		
		Erro puro	4,516538	18	0,2509					
	Total	123,8669	26	4,7641						
	Tempos	Regressão	1,5153	1	1,5153	0,7631	0,4028	4,96		0,07
		Resíduos	19,8573	10	1,9857					
Total		21,3727	11							
Hue Angle	Tratamentos	Regressão	268,92	5	53,78332	9,617986	6,9E-05	2,68	3,3219	0,7
		Resíduos	117,431	21	5,591952					
		Falta de ajuste	112,647	3	37,54886	141,2669				
		Erro puro	4,78441	18	0,265801	9	1,07E-12	3,16		
	Total	386,348	26	14,85952						
	Tempos	Regressão	1,8996	1	1,8996	0,601506				0,05
		Resíduos	31,58073	10	3,158073	1	0,455954	4,96		
Total		33,48033	11							
Luminosidade	Tratamentos	Regressão	608,21	5	121,642	46,52686				0,91
		Resíduos	54,9034	21	2,614446	1	1,17E-10	2,68	17,36	
		Falta de ajuste	3,26654	3	1,088846	0,379559				
		Erro puro	51,6368	18	2,868713	1	0,768889	3,16		
	Total	663,113	26	25,50435						
	Tempos	Regressão	71,03891	1	71,03891	6,843581	0,025773	4,96	1,3797	0,40
		Resíduos	103,8037	10	10,38037					
Total		174,8426	11							
a*	Tratamentos	Regressão	164,2004	5	32,84007	26,52302	2,09E-08	2,68	9,89	0,86
		Resíduos	26,00162	21	1,238172					
		Falta de ajuste	2,915031	3	0,971677	0,757591	0,532371			
		Erro puro	23,08659	18	1,282588					
	Total	190,202	26	7,315461						
	Tempos	Regressão	11,3389	1	11,33893	8,826465	0,014023			0,46
		Resíduos	12,8465	10	1,284651					
Total		24,1854	11							
b*	Tratamentos	Regressão	23,89359	5	4,778717	9,125337	9,89E-05	2,68	3,4049	0,68
		Resíduos	10,99719	21	0,523676					
		Falta de ajuste	10,36082	3	3,453606	97,68661	2,5E-11	3,16		
		Erro puro	0,636371	18	0,035354					
	Total	34,89078	26	1,341953						
	Tempos	Regressão	11,3389	1	11,33893	8,826465	0,014023			0,46
		Resíduos	12,8465	10	1,284651					
Total		24,1854	11							

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.40C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA DO CROMA A 0H E 192H

Croma 0h				Croma 192h			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	10673,03	3018,166	0,002073	F.G	3108,639	2149,042	0,163522
C.G	9152,651	2596,347	0,002127	C.G	2843,718	1848,692	0,139663
G	-7762,5	2187,099	0,002012	G	-2286,77	1557,293	0,157542
F.C.G	3400,883	864,8649	0,000824	F.C.G	1048,31	615,8149	0,10419
F.C	-473,979	128,8665	0,001491	F.C	-193,497	91,75761	0,04777
F	-204,584	64,6139	0,004856	F	-41,8618	46,00742	0,373715
C	7,820082	0,894793	2,9E-08	C	14,45433	0,637125	9,61E-16

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Croma 0h $R^2 = 0,83$; Croma 192h $R^2 = 0,57$

TABELA 5.41C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA DO HUE ANGLE A 0H E 192H

Hue Angle 0h				Hue Angle 192h			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p
F.G	-13249,3	5429,557	0,024112	F.G	-10481,5	3442,752	0,0064
C.G	-11335,5	4670,722	0,0248	C.G	-8756,18	2961,593	0,007801
G	10144,32	3934,502	0,017949	G	7519,767	2494,774	0,006853
F.C.G	-9594,15	1555,857	5,04E-06	F.C.G	-3179,97	986,5314	0,004262
F.C	1269,448	231,8257	2,33E-05	F.C	459,6599	146,9951	0,005309
F	198,1117	116,2378	0,1038	F	245,3726	73,70359	0,003345
C	-8,75979	1,609696	2,51E-05	C	2,341837	1,02067	0,032724

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Croma 0h $R^2 = 0,95$; Croma 192h $R^2 = 0,79$

TABELA 5.42C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA DA LUMINOSIDADE A 0H E 192H

Luminosidade 0h				Luminosidade 192h			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p
F.G	16528,84	4624,853	0,0019	F.G	5541,571	1722,772	0,00414
C.G	13826,27	3978,484	0,002388	C.G	4069,83	1574,893	0,017304
G	-11815,2	3351,378	0,002126	G	-374741	1226,435	0,006007
F.C.G	3898,494	1325,266	0,008066	F	-109,335	40,83071	0,014086
F.C	-540,272	197,4672	0,012732	F.C	73,95136	46,98027	0,130412
F	-318,041	99,01041	0,004373	C	64,04333	1,959146	1,7E-19
C	67,57	1,371127	2,34E-22				

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Luminosidade 0h $R^2 = 0,85$; Luminosidade 192h $R^2 = 0,85$

TABELA 5.43C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P ≤0,05) DO CROMA a* A 0H E 192H

Croma a* 0h				Croma a* 192h			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	-5366,99	3756,839	0,168554	F.G	-701,89	529,3333	0,199086
C.G	-4470,97	3231,783	0,18178	G	501,7766	376,8303	0,197275
G	3937,058	2722,375	0,163616	C.G	-477,225	483,8963	0,335256
F.C.G	-2095,89	1076,534	0,065729	F	32,20435	12,54551	0,017966
F.C	282,5201	160,4056	0,093472	C	7,49	0,601961	3,72E-11
F	125,1955	80,42766	0,135244	F.C	-6,35367	14,435	0,664321
C	7,643333	1,113787	1,14E-06				

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Croma a* 0h R² = 0,73; Croma a* 192h R² = 0,87

TABELA 5.44C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P ≤0,05) DO CROMA b* A 0H E 192H

Croma b* 0h				Croma b* 192h			
Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	13884,25	3310,998	0,000448	F.G	2972,536	612,2218	9,59E-05
C.G	11704,64	2848,253	0,000545	C.G	2589,982	526,6577	8,31E-05
G	-10029,8	2399,299	0,000461	G	-2204,38	443,6436	7,38E-05
F.C.G	4256,803	948,777	0,000226	F.C.G	944,7137	175,4341	2,86E-05
F.C	-564,527	141,3696	0,000715	F.C	-130,196	26,14002	7,18E-05
F	-302,26	70,88296	0,000379	F	-53,5985	13,10665	0,000571
C	-1,61667	0,981609	0,11519	C	0,33	0,181505	0,084055

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. Croma b* 0h R² = 0,74; Croma b* 192h R² = 0,95

TABELA 5.45C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA ÀS MÉDIAS DOS VALORES OBTIDOS DO CO₂ NA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Fta b	Fcal/Fta b	R ²
CO ₂ (mgKg ⁻¹ h ⁻¹)	Tratamentos	Regressão	83,6852	5	16,73704	49,32767	6,71E-11	2,68	18,40	0,92
		Resíduos	7,125368	21	0,339303					
		Falta de ajuste	3,363946	3	1,121315	5,365968	0,00812	3,16		
		Erro puro	3,761423	18	0,208968					
		Total	90,81057	26	3,492714					
	Tempos	Regressão	23,36713	1	23,36713	0,993443	0,337094	4,67	0,21	0,07
		Resíduos	305,7776	13	23,52136					
		Total	329,1447	14						

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.46C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA ÀS MÉDIAS DOS VALORES OBTIDOS DO O₂ NA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM MORANGO FESTIVAL, COBERTOS COM BIOFILMES DE FÉCULA DE BATATA, CELULOSE BACTERIANA E GLICEROL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

P	V	FV	SQ	gl	MQ	Fcal	valor-P	Ftab	Fcal/Ftab	R ²
O ₂ (mgKg ⁻¹ h ⁻¹)	Tratamentos	Regressão	132,5558	5	26,51115	23,47487	6,11E-08	2,68	8,75	0,84
		Resíduos	23,71618	21	1,129342					
		Falta de ajuste	22,65884	3	7,552948	128,5811	2,4E-12	3,16		
		Erro puro	1,057333	18	0,058741					
		Total	156,2719	26	6,010459					
	Tempos	Regressão	185,842	1	185,842	463,1208	1,5E-11	4,67	99,16	0,97
		Resíduos	5,216665	13	0,401282					
		Total	191,0587	14						

NOTA - P=propriedade; V=variável; FV=fonte de variação; SQ=soma quadrática; gl=graus de liberdade; MQ=média quadrática; F= teste F (Fcal = F calculado; Ftab = F tabelado); R²= coeficiente de determinação.

TABELA 5.49C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (P≤0,05) DA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DO MORANGO, EM RELAÇÃO AO CO₂, A 0H E 192H

Parâmetros	CO ₂ 0h			CO ₂ 192h			P
	Coefficientes	Erros-padrão	p	Parâmetros	Coefficientes	Erros-padrão	
C.G	-1067,2	893,4393	0,245604	F.G	13139,77	1858,551	5,63E-07
F.G	-906,69	977,3316	0,364094	C.G	11553,41	1699,016	1E-06
G	681,2833	695,7585	0,33863	G	-9098,61	1323,095	8,51E-07
F.C	51,97887	26,65198	0,064617	F	-318,627	44,04875	3,98E-07
F	44,93779	23,16333	0,065923	F.C	-177,829	50,68298	0,002089
C	25,79316	1,111427	1,88E-16	C	16,8742	2,113555	8,51E-08

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. CO₂ 0h R² = 0,71; CO₂ 192h R² = 0,86

TABELA 5.50C – COEFICIENTES DE REGRESSÃO, ERRO-PADRÃO E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA ($P \leq 0,05$) DA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DO MORANGO, EM RELAÇÃO AO O₂, A 0H E 192H

Parâmetros	O ₂ 0h			Parâmetros	O ₂ 192h		
	Coefficientes	Erros-padrão	p		Coefficientes	Erros-padrão	P
F.G	3220,002	761,6622	0,000377	F.G	-6015,79	1001,435	5,82E-06
C.G	2684,919	696,2826	0,000916	C.G	-5649,14	915,4735	4,02E-06
G	-2204,95	542,2243	0,000554	G	4314,837	712,9175	5,25E-06
F	-53,6252	18,05184	0,007295	F	160,6616	23,73459	1,07E-06
C	29,72945	0,866167	6,23E-20	F.C	141,9398	27,30928	3,77E-05
F.C	-3,93659	20,77065	0,8515	C	26,63834	1,138837	1,6E-16

NOTA - F – fécula de batata; C – celulose bacteriana; G – glicerol. CO₂ 0h R² = 0,67; CO₂ 192h R² = 0,76

