

MARIA EDILEUZA LEITE DE ANDRADE

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MANGA ‘TOMMY ATKINS’
TRATADA COM ÁGUA ELETROLISADA**

MOSSORÓ-RN

2013

MARIA EDILEUZA LEITE DE ANDRADE

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MANGA ‘TOMMY ATKINS’
TRATADA COM ÁGUA ELETROLISADA**

Tese apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-árido, como
parte das exigências para obtenção
do grau de Doutor em Agronomia:
Fitotecnia.

Orientador:
D.Sc. Ebenézer de Oliveira Silva
Co-Orientador:
D.Sc. Nedio Jair Wurlitzer

MOSSORÓ-RN

2013

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

A543q Andrade, Maria Edileuza Leite de.

Qualidade pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’ tratada com água eletrolisada. / Maria Edileuza Leite de Andrade - Mossoró, RN: 2013.

66f.: il.

Tese (Doutorado em Fitotecnia. Área de concentração: Agricultura Tropical) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Orientador: Profº. Dr. Sc. Ebenézer de Oliveira Silva

Co-orientador: Profº. Dr. Sc. Nedio Jair Wurlitzer

1.*Mangifera indica* L. 2.Sanitização. 3.Morfologia.
I.Título.

CDD: 634.44

Bibliotecária: Marilene Santos de Araújo
CRB-5/1033

MARIA EDILEUZA LEITE DE ANDRADE

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MANGA ‘TOMMY ATKINS’
TRATADA COM ÁGUA ELETROLISADA**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-árido, como parte das exigências para obtenção do grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

APROVADA EM: 12 / 04 / 2013

D.Sc. Nedio ~~Jair~~ Wurlitzer
Co-Orientador

Prof. D.Sc. Elizangela C. dos Santos
Conselheira

Prof. D.Sc. Maria ~~Izabel~~ Gallão
Membro Externo

Prof. D.Sc. ~~Dijauma~~ Honório Nogueira
Membro Externo

Prof. D.Sc. Ebenezer ~~de~~ Oliveira Silva
Orientador

Aos meus pais, **ANTONIO** e **OLIVIA** e minha irmã **LUZINETE** (in memoriam) Pela oportunidade de estudo, pela confiança depositada em mim, pelos ensinamentos e valores transmitidos durante toda minha vida. Aqui deixo o meu **MUITO OBRIGADO**.

Dedico

Aos meus dois grandes amores **LUIS CARLOS** e **LUAN CAIO** que mais uma vez estão presentes na realização deste sonho e a quem devo todo o meu **AMOR**.

Ofereço

A minha sogra **GERTRUDES** que vem sempre me apoiando nos momentos difíceis da minha vida.

Minha gratidão

AGRADECIMENTOS

A Deus pela sua fidelidade, pela força e coragem em todos os momentos, me dando ânimo para não fraquejar nunca e pela presença constante em minha vida.

Ao Professor Ebenézer pela disponibilidade por me orientar sobre os caminhos que deveriam ser seguidos e pela compreensão de minhas limitações.

Ao Pesquisador Nedio pela orientação, colaboração e pelas valiosas sugestões durante toda pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, D.Sc. Nedio Jair Wurlitzer, D.Sc. Elizangela C. dos Santos, D.Sc. Maria Isabel Gallão e D.Sc. Djauma Honório Nogueira pelo aceite e contribuições indispensáveis a este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior - Capes pela concessão da bolsa durante um período do curso.

Ao Banco do Nordeste - BNB pelo financiamento da pesquisa.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, pela oportunidade de concluir o curso e disponibilizando o corpo docente e técnico administrativo para ajudar durante todo o curso.

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Campus Iguatu pela elaboração e execução do Programa de Pós-Graduação em Nível de Doutorado-DINTER.

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, Campus Sousa pelo incentivo profissional e liberação para que pudesse realizar o curso.

À Embrapa Agroindústria Tropical pela realização do trabalho em suas Instalações e laboratórios, e ser tão carinhosamente recebida.

É com muita alegria e carinho que recordo todas as pessoas que participaram deste trabalho e expresso aqui profundo agradecimento, pois além do que elas representam hoje, serão sempre lembradas como meus amigos pela convivência e importância nesta fase da minha vida.

As pessoas que dão minha energia, alento e motivação, sempre os levarei em minha **MENTE** e em meu **CORAÇÃO**.

RESUMO

ANDRADE, Maria Edileuza Leite de. **Qualidade pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’ tratada com água eletrolisada**. 2013.66f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2013.

A segurança biológica e química de frutas consumidas *in natura* está associada à eficácia das substâncias utilizadas na remoção de micro-organismos. A alternativa de controle proposta, nesse trabalho baseia-se em uma nova tecnologia: a água eletrolisada. O objetivo desse trabalho foi estudar a aplicação dessa tecnologia, de forma a possibilitar, no futuro próximo, a sua utilização pelas empresas exportadoras no tratamento pós-colheita de frutas. Mangas ‘Tommy Atkins’, adquiridas na Central de Abastecimento do Ceará (CEASA), foram imersas, por cinco minutos, em solução de água eletrolisada contendo 0, 75, 150, 225 e 300 mg L⁻¹ de cloro livre. Depois de tratadas, as mangas foram acondicionadas e armazenadas em câmara fria (11°C ±2), por 18 dias, e depois a temperatura ambiente (22°C ±2), por mais 8 dias, totalizando 26 dias de armazenamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 (tratamentos) x 6 (períodos de armazenamento), com quatro repetições. Aos 0, 7, 14, 18, 22 e 26 dias de armazenamento, amostras foram retiradas e avaliadas quanto à perda de massa, aparência externa e interna, coloração da casca, firmeza da polpa, extravasamento de eletrólitos, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico, açúcares solúveis totais, clorofila total, carotenoides totais, polifenóis extraíveis totais e morfológicas. A água eletrolisada, nas concentrações utilizadas nesse experimento, permitiu conservar a qualidade pós-colheita da manga ‘Tommy Atkins’, conforme o esperado. Também não foram observadas as alterações morfológicas, uma vez que as mangas submetidas aos tratamentos conservaram íntegras as células do tecido.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L. Sanitização. Morfologia.

ABSTRACT

ANDRADE, Maria Edileuza Leite de. Postharvest quality of mango 'Tommy Atkins' treated with electrolyzed water. 2013.66f. Thesis (Ph.D. in Agronomy: Crop Science) - Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), Mossoró, RN, 2013.

The biological and chemical safety consumed fresh fruits is associated with the efficacy of the substances used in the removal of micro-organisms. The alternative proposed control, this work is based on a new technology: the electrolyzed water. The aim of this work was to study the application of this technology in order to allow, in the near future, to be used by exporters in post-harvest treatment of fruit. Mangoes 'Tommy Atkins', acquired in Central Supply of Ceará (CEASA), were immersed for five minutes in a solution of electrolyzed water containing 0, 75, 150, 225 and 300 mg L⁻¹ of free chlorine. Once treated, the mangoes were packaged and stored in a cold room (11 ± 2 ° C) for 18 days and then at room temperature (22 ± 2 ° C) for over eight days, totaling 26 days of storage. The experimental design was completely randomized in factorial diagram 5 (treatments) x 6 (storage period), with four replications. At 0, 7, 14, 18, 22 and 26 days of storage, samples were taken and evaluated for mass loss, external appearance and internal, peel, flesh firmness, electrolyte extravasation, pH, soluble solids, titratable acidity, ascorbic acid, total soluble sugars, total chlorophyll, total carotenoids, total extractable polyphenols and morphological. The electrolyzed water, the concentrations used in this experiment allowed to preserve postharvest quality of mango 'Tommy Atkins', as expected. There were also no morphological changes, since the mangoes submitted to treatments preserved the integrity of the tissue cells.

Keywords: *Mangifera indica* L. Sanitization. Morphology.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Relação SS/AT das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	39
Tabela 2.	Ácido ascórbico das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	41
Tabela 3.	Açúcares solúveis totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	42
Tabela 4.	Teor de Clorofila das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	44
Tabela 5.	Carotenoides totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	45
Tabela 6.	Polifenóis extraíveis totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Perda de massa das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	27
Figura 2.	Luminosidade da casca das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	28
Figura 3.	Cor da casca a* das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	29
Figura 4.	Cor da casca b* das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	30
Figura 5.	Aparência externa das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	31
Figura 6.	Aparência interna das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	32
Figura 7.	Firmeza da polpa das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	33
Figura 8.	Extravasamento de eletrólitos das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	34

Figura 9.	pH das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$)....	35
Figura10.	Sólidos solúveis das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	36
Figura11.	Acidez titulável das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	37
Figura12.	Relação SS/AT das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	38
Figura13.	Ácido ascórbico das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	40
Figura14.	Açúcares solúveis totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada em relação ao tempo de armazenamento.....	42
Figura 15.	Teor de Clorofila das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	43
Figura 16.	Carotenoides totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	45
Figura17.	Polifenóis extraíveis totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).....	47

- Figura18.** Cortes de manga corados com, Azul de Toluidina pH 4,0. T 1: A, B, C, D, E e F, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; T3: G, H, I, J, K e L, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; T5: M, N, O, P, Q e R, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente. Células epidermicas (→), células do mesocarpo (★). Barra: 200µm..... 50
- Figura19.** Cortes de manga corados com Vermelho de Rutênio. T1: A, B, C, D, E e F, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; T3: G, H, I, J, K e L, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; T5: M, N, O, P, Q e R, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente. Células epidermicas (→), células do mesocarpo (★). Barra: 200 µm..... 51
- Figura20.** Cortes de manga Submetidas a Reação do PAS. T1: A, B, C, D, E e F, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; T3: G, H, I, J, K e L, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; T5: M, N, O, P, Q e R, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente. Células epidermicas (→), células do mesocarpo (★). Barra: 200 µm..... 52

SUMÁRIO

	RESUMO.....	07
	ABSTRACT.....	08
	ÍNDICE DE TABELAS.....	09
	ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
1.	INTRODUÇÃO.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.	MATERIAL EMÉTODOS.....	21
3.1	ANÁLISES FÍSICAS.....	21
3.1.1	Perda de massa.....	21
3.1.2	Aparência externa.....	22
3.1.3	Aparência interna.....	22
3.1.4	Coloração da casca.....	22
3.1.5	Firmeza da polpa.....	22
3.1.6	Extravasamento de eletrólitos.....	23
3.2	ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS.....	23
3.2.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	23
3.2.2	Sólidos solúveis (SS).....	23
3.2.3	Acidez titulável (AT).....	24
3.2.4	Relação Sólidos solúveis/Acidez titulável.....	24
3.2.5	Ácido ascórbico.....	24
3.2.6	Açúcares solúveis totais (AST).....	24
3.2.7	Clorofila total.....	24
3.2.8	Carotenoides totais (CT).....	25
3.2.9	Polifenóis extraíveis totais (PET).....	25
3.3	ANÁLISES MORFOLÓGICAS.....	25
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1	ANÁLISES FÍSICAS.....	27
4.1.1	Perda de massa.....	27
4.1.2	Luminosidade da casca.....	28
4.1.3	Cor da casca a*.....	29
4.1.4	Cor da casca b*.....	29
4.1.5	Aparência externa.....	30
4.1.6	Aparência interna.....	31
4.1.7	Firmeza da polpa.....	32
4.1.8	Extravasamento de eletrólitos.....	33
4.2	ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS.....	34
4.2.1	Potencial hidrogeniônico (pH).....	34
4.2.2	Sólidos solúveis (SS).....	35
4.2.3	Acidez titulável (AT).....	36
4.2.4	Relação Sólidos solúveis /Acidez titulável.....	37
4.2.5	Ácido ascórbico.....	39

4.2.6	Açúcares solúveis totais (AST).....	41
4.2.7	Clorofila total.....	43
4.2.8	Carotenoides totais (CT).....	44
4.2.9	Polifenóis extraíveis totais (PET).....	46
4.3	ANÁLISES MORFOLÓGICAS.....	48
5.	CONCLUSÃO.....	56
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

1. INTRODUÇÃO

A segurança biológica e química de frutas consumidas *in natura* está associada à eficácia das substâncias utilizadas na remoção de micro-organismos que podem ser causadores de podridões pós-colheita nas próprias frutas (fitopatogênicos) ou de doenças nos consumidores (patogênicos). Os métodos clássicos de controle se baseiam, para o primeiro caso, na aplicação de defensivos agrícolas e, para o segundo caso, de sanitizantes que têm no cloro o princípio ativo mais utilizado comercialmente.

Para o controle das doenças pós-colheita existem, historicamente, poucos produtos comerciais registrados por espécie vegetal no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A utilização inadequada desses produtos, não respeitando as dosagens recomendadas e nem o período de carência, compreendido entre a última aplicação e a colheita, é uma das principais causas de riscos químicos, caracterizado pela presença de resíduos de defensivos agrícolas acima dos limites máximos permitidos pela legislação. O número reduzido de produtos comerciais não permite a rotação de princípios ativos na cultura, o que pode induzir resistência nos micro-organismos, contribuindo para o risco biológico, uma vez que o produto passa a não controlar de forma eficiente os micro-organismos.

Por outro lado, no controle dos patógenos com sanitizantes, o cloro pode produzir, na solução de tratamento, subprodutos prejudiciais à saúde humana, muitos deles carcinogênicos. Adendo a isso, esses sanitizantes têm eficácia limitada, pela baixa capacidade de penetração nas camadas protetoras dos micro-organismos aderidos à superfície das frutas, contribuindo, assim, para a manutenção, dentro de certos limites, do risco biológico (microbiota contaminante). Esse problema tem sido contornado pela utilização de surfactantes; mas que, mesmo em baixas concentrações, alteram as características sensoriais (sabor e aroma) do produto.

Atualmente, se pode afirmar que existe demanda por alternativas no controle desses micro-organismos. Tais estratégias passam pelos métodos físicos (alta temperatura, radiação ionizante etc.) e por compostos químicos (principalmente fitoterápicos), os quais, na prática, ainda demandam grandes investimentos e muita

pesquisa, no caso dos fitoterápicos. A alternativa de controle proposta, nesse trabalho baseia-se em uma nova tecnologia: a água eletrolisada. Essa técnica tem despertado grande interesse nos Estados Unidos, no Canadá, no Japão e em outros países desenvolvidos, onde estudos têm comprovado a sua eficácia como alternativa aos tratamentos químicos convencionais com defensivos agrícolas ou sanitizantes.

Tomando por base os artigos científicos que comprovam a sua eficácia no controle tanto dos micro-organismos patogênicos como dos fitopatogênicos, a hipótese central desse projeto é que a água eletrolisada pode ser aplicada na manga, após a colheita, sem, contudo, promover alterações físicas, físico-químicas ou anatômicas que prejudiquem a sua conservação pós-colheita.

O objetivo desse trabalho foi estudar a aplicação de água eletrolisada na sanitização de manga, de forma a possibilitar sua utilização pelas empresas exportadoras no tratamento pós-colheita de frutas, em conformidade com as novas exigências mundiais de redução do limite máximo de resíduos de defensivos em frutas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical com boa expressão econômica nos mercados nacional e internacional (BRANDÃO et al., 2003) e o seu consumo se deve ao valor nutricional (BEZERRA et al., 2011; BENEVIDES et al., 2008; BRUNINI et al., 2002) e ao aroma característico (THOMAZINI e FRANCO, 2000), sendo esse último uma das sensações mais apreciadas pelos consumidores (IBÁÑEZ et al., 1998). Das cultivares de importância comercial, a ‘Tommy Atkins’ é a mais cultivada e exportada pelo Brasil, dada sua boa produtividade, boa capacidade de adaptação a diferentes ambientes de cultivo, tolerância a doenças e boa conservação pós-colheita (CARVALHO et al., 2004), além de apresentar polpa firme, com boa quantidade de suco e fibra de boa qualidade (COHEN et al., 2001).

O Brasil, em 2011, ocupou a sétima posição entre os principais países produtores de manga do mundo, com uma área de 76,4 mil hectares, produziu 1.249.520 toneladas, o que representou 3,21% da produção mundial (FAO, 2011). Desse total, foram exportadas 126.430.774 toneladas, gerando divisas da ordem de 141 milhões de dólares na pauta de exportações brasileiras (MDIC). A região Nordeste foi responsável por 69% da área total cultivada (IBGE) e pela produção de mais de 85% do total exportado pelo Brasil (MDIC), com destaque para o Vale do São Francisco: Petrolina, em Pernambuco, e Juazeiro na Bahia.

Nesse mesmo ano (2011), a população brasileira era de aproximadamente 194 milhões de habitantes que, com um consumo médio per capita anual de 1,2 quilogramas (IBGE), permitiu estimar o consumo interno em 232,8 mil toneladas. Do restante, aproximadamente 890 mil toneladas, uma parte foi usada na indústria de alimentos e a outra foi perdida na pós-colheita. As Centrais de Abastecimento (CEASA's) estimam, de forma geral, que as perdas pós-colheita de manga, no território nacional, giram em torno de 40% do total produzido. Assim – expressas em mil toneladas – 500 foram perdidas e 390 industrializadas. Supondo que o balanço de massa, em termos percentuais do total produzido, seja exato, o Brasil (em 2011) consumiu 19% da manga in natura, exportou 10%, industrializou 31% e perdeu 40% na pós-colheita.

As perdas pós-colheita podem ser classificadas em qualitativas ou quantitativas. A primeira se refere à perda de qualidade, que compreende as propriedades sensoriais (aparência, sabor e aroma), o valor nutricional (compostos químicos, funcionais e sais minerais) e as propriedades mecânicas (firmeza e textura), sendo, porém, de difícil mensuração, pois depende do valor que os consumidores atribuem a cada uma dessas características. Por outro lado, as perdas quantitativas estão relacionadas à quantidade mensurável daquilo que foi produzido, mas não chegou à mesa do consumidor por apresentar defeitos graves, amadurecimento avançado, danos por frio, danos mecânicos (rachaduras, cortes, abrasões e amassamentos provenientes do manuseio inadequado) e doenças pós-colheita. Em mamão, por exemplo, as doenças pós-colheita foram responsáveis por 98% das perdas quantitativas (descarte) em mamão ‘Formosa’ e por 91% em ‘Sunrise Solo’ (SILVA et al., 2002). Do total dessas doenças, no mamão, 83% foram de origem fúngica, sendo o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), Penz e Sacc o agente causal de 45% delas (DANTAS et al., 2003).

Associada a essa microbiota fitopatogênica, as superfícies das frutas veiculam micro-organismos patogênicos que, em concentrações que variam de 10^3 a 10^9 UFC g⁻¹ (ALEXANDRE, 2011; ABADIAS et al., 2008; TOURNAS, 2005; UKUKU e SAPERS, 2001; ALZAMORA et al., 2000), são potenciais veiculadores de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA). No Brasil, na década passada, foram mais de 184.000 casos notificados pela Secretaria de Vigilância em Saúde (BRASIL, 2011). Nos Estados Unidos, entre 2010 e 2011, foram mais de 48 milhões de notificações, com 128.000 hospitalizações e 3.000 mortes (SCALLAN et al., 2011; OLAIMAT e HOLLEY, 2012), causadas principalmente por bactérias, como *Salmonella sp* e *Listeria monocytogenes*, que podem sobreviver por meses nas superfícies das frutas (BRACKETT, 1999). Os relatos de toxinfecções alimentares, provocadas pela ingestão de frutas contaminadas; apontam que, na maioria dos casos, as contaminações ocorreram devido ao processo inadequado de lavagem e sanitização superficial dessas frutas, resultando na contaminação da parte comestível pelas operações de descascamento e corte antes do consumo. A redução do risco microbiológico, proveniente do consumo de frutas contaminadas, deve passar por

processos que reduzam essa contaminação superficial (YAUN et al., 2004).

Conforme mencionado anteriormente, na introdução, existem poucos ingredientes ativos registrados no MAPA para o controle de doenças pós-colheita em frutas. Atualmente, somente o imazalil¹ está autorizado para o controle pós-colheita da podridão causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* em mangas. Na Comunidade Europeia, essa molécula foi liberada (REC-EU N° 705/2011) com o Limite Máximo de Resíduo (LMR) de 0,05 mg kg⁻¹ de manga. Por ser extremamente tóxica (Classe Toxicológica I), a sua Ingestão Diária Aceitável (IDA) é de apenas 0,03 mg kg⁻¹ de peso corpóreo (RE N° 3428 de 19/10/06 – DOU de 20/10/06). No entanto, os dados do Programa de Análise de Resíduos em Alimentos (PARA), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), mostram que, das 2.488 amostras analisadas no ano de 2010, em 37% delas não foram detectados resíduos; 35% apresentaram resíduos abaixo do LMR estabelecido e 28% foram consideradas insatisfatórias por apresentarem resíduos de produtos não autorizados ou, autorizados, mas acima do LMR (PARA, 2011). O Serviço de Controle de Pesticidas em Alimentos do Reino Unido encontrou, acima dos limites permitidos pela Comunidade Europeia, resíduos de Clorotalonile de Permetrina em mamão, no ano de 2005, e de azoxisporina em manga, em 2006, ambos importados do Brasil. Cabe ressaltar que a Permetrina não está autorizada no Brasil para uso na cultura do mamão, conforme dados do Sistema AGROFIT do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Por outro lado, estudos têm mostrado que o cloro, o principal princípio ativo dos sanitizantes, pode oxidar incompletamente materiais orgânicos, levando à formação de subprodutos indesejáveis na água de tratamento como, por exemplo, clorofórmio e trihalometanos, que são carcinogênicos, ou ácidos haloacéticosteratogênicos (KOIDE et. al., 2011; KESKINEN et al., 2009). Em pH alcalino, o cloro pode reagir ainda com bases nitrogenadas orgânicas para produzir cloramina, que também é carcinogênica. Além disso, a alta reatividade do cloro com matéria orgânica, na presença de oxigênio, reduz o teor de cloro ativo na água, sendo dessa forma recomendada o uso de soluções sanitizantes com concentração

¹Fórmula Química: (RS)-1-(β-allyloxy-2,4-dichlorophenylethyl)imidazole (CAS N° 35554-44-0)

de cloro livre acima de 100 mg L^{-1} (SOLIVA-FORTUNY e MARTÍN-BELLOSO, 2003; SUSLOW, 1997). Por estas razões, a Comunidade Europeia aprovou o uso do hipoclorito de sódio (REC-EU N° 540/2011) com o Limite Máximo de Resíduo de $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ (REC-EU 396/2005).

No centro desse problema está o consumidor, cada vez mais consciente dos benefícios de uma alimentação saudável, caracterizada por frutas com alta qualidade nutricional (alimentos funcionais) e sensorial (aroma, sabor e visual); mas também seguras, ou seja, com baixos riscos físicos, químicos e biológicos (PIMENTEL e PEREIRA FILHO, 2002). Na defesa de seus consumidores, os países desenvolvidos estabeleceram limites rígidos para a presença de micro-organismos patogênicos e para a quantidade máxima de resíduos, privilegiando os tratamentos que empregam moléculas químicas de baixa toxicidade; mas que sejam eficazes no controle dos patógenos.

Nessa perspectiva é que surgiu a possibilidade de se utilizar a água eletrolisada (ABADIAS et al., 2008; HUANG et al., 2008; AL-HAQ e SUGIAMA, 2004). A água eletrolisada é gerada por eletrólise, passando-se uma solução salina diluída através de uma célula eletrolítica, com os eletrodos (ânodo e cátodo) separados por uma membrana, produzindo água eletrolisada ácida (pH 2,3-2,7 e ORP $> 1.000 \text{ mV}$) no ânodo, e a água eletrolisada básica (pH 10,0 -11,5 e ORP entre -800 a -900 mV), no cátodo, ambas com amplo modo de ação sobre a maioria dos micro-organismos de importância para a segurança dos alimentos (HUANG et al., 2008; HSU, 2005). Consistindo num método relativamente simples e ambientalmente correto de produzir uma mistura muito potente de moléculas, íons e radicais desinfetantes e oxidantes a partir de água e sal (UT-ECA, 2012).

Trabalhos têm mostrado que a água eletrolisada pode destruir o transporte de proteínas dentro das membranas celulares de fungos e bactérias, levando à ruptura das membranas e ao aumento da infiltração da própria água eletrolisada. Dentro da célula bacteriana, a água eletrolisada pode destruir o DNA, bem como, em baixas concentrações, interromper a síntese de DNA. Em fungos, a água eletrolisada induz a oxidação da parede celular e interrompe o metabolismo de compostos orgânicos; mesmos as estruturas de resistência e sobrevivência de

fungos podem ser eliminadas (HUANG et al., 2008; AL-HAQ et al., 2005). A água eletrolisada possui atividade antimicrobiana, para bactérias como *Salmonella* sp., *Escherichia coli* 0157:H7 e *Listeria monocytogenes* (PARK et al., 2004; FABRIZIO e CUTTER, 2003), e também redução da germinação de muitas espécies de fungos, com destaque para os principais fungos causadores de doenças pós-colheita em frutas: *Fusarium* spp e *Colletotrichum* spp (BUCK et al., 2002), sendo esse último o causador da principal podridão pós-colheita em mangas. A água eletrolisada foi utilizada, também, para o controle de micro-organismos em diferentes produtos *in natura*, tais como alface (YANG et al., 2003), maçã (OKULL e LABORDE, 2004), pera (AL-HAQ et al., 2002), pêssego (AL-HAQ et al., 2001), morango (KOSEKI et al., 2004) e tomate (BARI et al., 2003). No entanto, não foram encontrados trabalhos com manga e nem trabalhos que relacionasse a água eletrolisada com a conservação pós-colheita.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Mangas ‘Tommy Atkins’ foram adquiridos na Central de Abastecimento do Ceará (CEASA) em Maracanaú-CE, no estágio 2 de maturação (75% verde e 25% roxa), conforme metodologia da Embrapa (2004). Em seguida, foram acondicionadas em caixas padronizadas de 20 kg, sem sobreposição, e transportadas para o Laboratório de Processos Agroindustriais, pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza (CE). No laboratório, foram tratadas, por imersão durante cinco minutos, em solução de água eletrolisada contendo 0, 75, 150, 225 e 300 mg L⁻¹ de cloro livre. As soluções foram obtidas de uma solução estoque contendo 2.480 mg L⁻¹ de cloro livre, proveniente de um eletrolisador industrial (ECA WATER, Modelo Wafer 80, Agro Technical Supplies ATS). Depois de tratadas, as mangas foram acondicionadas em caixas plásticas para armazenamento em câmara fria (11°C ± 2) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente (22°C ± 2), onde permaneceram durante os períodos de 0, 7, 14, 18, 22 e 26 dias.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5 x 6, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelas doses de aplicações de água eletrolisada (0,75, 150, 225 e 300 mg L⁻¹) e o segundo fator pelos períodos de armazenamento dos frutos (0, 7, 14, 18, 22 e 26 dias), totalizando 30 parcelas.

Após cada período de armazenamento, amostras foram coletadas e submetidas às análises de qualidade, descritas a seguir:

3.1 Análises físicas

3.1.1 Perda de massa

A perda de massa foi avaliada considerando-se a diferença entre a massa inicial do fruto, e aquela obtida ao final de cada tempo de armazenamento, sendo expressa em porcentagem (%) e calculada como a seguir: Perda de massa (%) = (massa inicial – massa final) / massa inicial x 100.

3.1.2 Aparência externa

Utilizou-se de uma escala visual que considera a ausência ou presença de manchas ou lesões, atribuindo-se notas de 1 a 5, de acordo com Miccolis e Saltveit (1995): 1 = ausência de manchas ou lesões, 2 = 0 a 10% - leve, 3 = 10 a 30% - moderada, 4 = 30 a 50% - severa, 5 = mais de 50% - extrema. Frutos com nota superior a três (3) foram considerados inadequados para comercialização.

3.1.3 Aparência interna

Para a aparência interna, as notas atribuídas consideraram, além da ausência ou presença de colapso interno, a degradação da polpa (1 = ausência de colapso interno, 2 = 0 a 10% da área afetada – leve, 3 = 10 a 30% da área afetada - moderada, 4 = 30 a 50% da área afetada - severa, 5 = mais de 50% da área afetada - extrema). Frutos com notas quatro e cinco foram considerados impróprios para o consumo.

3.1.4 Coloração da casca

A coloração da casca foi avaliada por reflectometria, utilizando-se de um colorímetro digital (MiniScan® Hunter Lab), com a cor expressa no módulo $L^*a^*b^*$. As medidas foram feitas tomando-se dois pontos equidistantes, sobre a casca do fruto, na região equatorial. O colorímetro utilizado posiciona a cor num sistema tridimensional, sendo que o eixo a representa a cromaticidade entre as cores verdes e vermelhas, o eixo b , entre o amarelo e o azul, e o L o brilho. Nesse experimento, utilizou-se do eixo L , por representar o brilho do fruto, e do a , por representar a perda da cor verde e o b representa a evolução do amarelo.

3.1.5 Firmeza da polpa

A medida de firmeza da polpa foi realizada com base na resistência à penetração, utilizando-se de um Texturômetro (Stable Micro Systems, Modelo TA-TX2i), com ponteira de 6 mm em regiões equatoriais do fruto, fazendo-se duas determinações por fruto. Os resultados obtidos foram expressos em Newton (N).

3.1.6 Extravasamento de eletrólitos

A análise foi feita de acordo com a metodologia descrita por Serek et al.(1995). Para tanto, foram retirados cinco discos de 1,0cm de diâmetro por 1,5 cm da região mediana da polpa de cada fruto, com auxílio de um perfurador de frutas. Os discos foram lavados em água destilada e secados superficialmente com papel absorvente. Os discos foram incubados em frascos de vidro escuro, com tampa, contendo 15 mL água destilada, e deixados em repouso por 2 horas. Após esse repouso, mediu-se a condutividade elétrica inicial da solução (mAi), sendo em seguida congelados, por 12 horas. Após a solução entrar em equilíbrio com a temperatura ambiente, mediu-se novamente a condutividade elétrica, que desta vez expressou o conteúdo total de eletrólitos (mAf).O extravasamento de eletrólitos (Ee), em porcentagem, foi expresso pela seguinte equação:

$$(Ee) \% = mAi / mAf \times 100.$$

3.2 Análises químicas e físico-químicas

Após as avaliações físicas, a polpa comestível foi extraída em uma centrífuga doméstica. Parte desse extrato foi, imediatamente, utilizada para a análise de vitamina C. A outra parte foi mantida em freezer, para posterior determinação de sólidos solúveis, pH, acidez titulável, açúcares totais, clorofila total, carotenoides totais e polifenóis extraíveis totais.

3.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Foi determinado diretamente no suco, em duplicata, utilizando-se de um potenciômetro digital (Mettler, Modelo DL 12), com correção automática de temperatura (Association of official analytical chemists- AOAC, 1995).

3.2.2 Sólidos solúveis (SS)

Após homogeneização da amostra, efetuaram-se duas leituras diretas com o auxílio de um refratômetro digital (ATAGO, Modelo PR-101), sendo os resultados expressos em °Brix. (Association of official analytical chemists - AOAC, 1992).

3.2.3 Acidez titulável (AT)

A acidez foi determinada por titulação com NaOH (0,1 N) até pH 8,1 em um titulador potenciométrico automático Hanna Instruments HI 901/HI 902, através do procedimento eletrométrico. Para tanto, se transferiu amostras da polpa, de aproximadamente 1g para becker de 100ml, acrescentando-se, em seguida, 50 ml de água destilada. Todo o conteúdo foi homogeneizado, sendo os resultados expressos em % de ácido cítrico (Instituto Adolfo Lutz - IAL, 1985). Os resultados foram obtidos através do cálculo: $\text{Acidez (\% de ácido cítrico)} = 10 \times \text{Fator do ácido} \times \text{Fator do NAOH} \times \text{NAOH gasto} / \text{peso da amostra}$.

3.2.4 Relação SS/AT

Foi determinada pela relação direta dos valores conseguidos em análises de sólidos solúveis totais e de acidez titulável.

3.2.5 Ácido ascórbico

O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado imediatamente após o processamento da polpa, por titulometria com solução de DFI (2,6 diclorofenol – indofenol 0,02%) até coloração róseo-permanente; utilizou-se 0,5 g de suco diluído em 50 mL de ácido oxálico 0,5%, sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100g da polpa (STROHECKER e HENNING, 1967).

3.2.6 Açúcares solúveis totais (AST)

Os açúcares solúveis totais foram determinados utilizando-se o reagente de antrona, conforme Yemn e Willis (1954), a partir de uma amostra de 1 g de polpa, diluída para 50 mL com água destilada. A leitura foi efetuada em espectrofotômetro (Spectronic Genesys2) com comprimento de onda de 620 nm e os resultados foram expressos em percentagem.

3.2.7 Clorofila total

Para obter os teores de clorofila total foi utilizada 2g da polpa. O tecido foi macerado em almofariz em câmara escura, com 7mL de acetona 80% e areia

lavada. O extrato foi filtrado em papel filtro e recebido em balões volumétricos envolvidos com papel alumínio para proteção contra a luminosidade. Após filtração do macerado, completou-se o volume de extrato cetônico num balão de 25 mL. As absorvâncias do extrato cetônico foram lidas em um espectrofotômetro, nos comprimentos de onda a 646,8 e 663,2 nm. O teor de clorofila expresso em mg L⁻¹ no extrato cetônico foi calculado pela fórmula de (LICHTENTHALER, 1987).

Clorofila a (Ca) = $12,25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8}$; Clorofila b (Cb) = $21,5 \times A_{646,8} - 5,10 \times A_{663,2}$; Clorofila a + b (T) = $7,15 \times A_{663,2} + 18,71 \times A_{646,8}$

3.2.8 Carotenoides totais (CT)

Foi utilizado o mesmo extrato para determinação da clorofila, sendo que as leituras das absorvâncias foram realizadas em 646,8 nm, 663,2 nm e 470,0 nm. A concentração será estimada de acordo com a seguinte equação: Carotenoides = $(1000 \times A_{470} - 1,82 \times Ca - 85,02 \times Cb) / 198 = \mu\text{g/mL}$. Resultado ($\mu\text{g/mL}$) $\times$ 25 mL/peso $\times$ 10 = mg/100g

3.2.9 Polifenóis extraíveis totais (PET)

Determinou-se o conteúdo de polifenóis através do reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando-se o ácido gálico como padrão, segundo metodologia descrita por Larrauri et al. (1997). Para obtenção do extrato foram utilizados 5g de polpa, submetidos à extração por dois solventes, 4mL de metanol (50%) e acetona (70%) e os resultados foram expressos em mg g⁻¹, através das Formulas: Resultado 1 = (Peso*Aliq)/Diluição; Resultado 2 = (Result 1*1000); Cálculo 1 = (100*Conc1)/Result 2; Cálculo 2 = (100*Conc2)/Result 2; PET = (Calc.1 + Calc.2)/2.

3.3 Análises morfológicas

Os frutos foram cortados transversalmente e fixados em glutaraldeído 1% e paraformaldeído 4% em tampão fosfato 0,02 M pH 7,2 (KARNOVSKY, 1965) por 48 horas. Em seguida o material foi desidratado em uma bateria crescente de etanol, para posteriormente ser infiltrado em Histoiresina (LeicaHistoiresin). Foram

obtidos cortes com 5 µm de espessura em micrótomo semiautomático (SLEE Mainz CUT 5062). As colorações citoquímicas realizadas foram: Azul de Toluidina (AT) 0,025% pH 4,0 como corante metacromático para detectar radical aniônico (VIDAL, 1977) e iônicos totais das proteínas; Vermelho de rutênio (VR) a 0,1%, esse corante se liga aos grupos carboxila da pectina (JOHANSEN, 1940); Reação pelo ácido periódico e reativo de Schiff (PAS), foi empregada para a identificação de polissacarídeos neutros presentes no citoplasma e parede celular (VIDAL, 1970). As lâminas foram examinadas em foto microscópio OLYMPUS modelo BX41 e câmera UC30.

3.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e de regressão através do software Sisvar 3.01 (FERREIRA, 2000). O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade foi usado para fazer as comparações entre as concentrações de aplicações e os tempos de armazenamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises físicas

4.1.1 Perda de massa

A perda de massa foi significativa no tempo de armazenamento, mas não sofreu influência dos tratamentos (Figura 1), não sendo observada diferença significativa entre as concentrações de água eletrolisada, para a característica perda de massa. A perda de massa negativa, no início do armazenamento, foi devida ao processo de absorção de água, ganho de massa, durante a imersão, por cinco minutos, nas soluções de água eletrolisada.

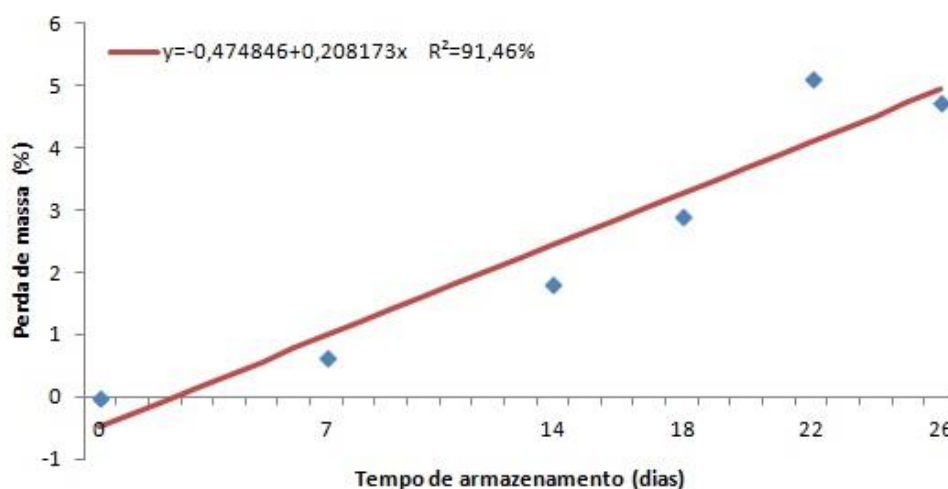


Figura 1 – Perda de massa das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

A perda de massa aumentou com o período de armazenamento, chegando a aproximadamente 5%, no 23º dia de armazenamento, sendo atribuída à transpiração, que é mais intensa durante o amadurecimento. A manga, assim como a grande maioria dos frutos climatérios, perde peso durante o amadurecimento e a taxa de perda é influenciada pelas condições de armazenamento (MANICA et al., 2001). A perda de água durante o armazenamento resulta na perda de qualidade: aparência (murchamento e enrugamento) e textura (amaciamento e perda de suculência) (KADER, 2002). No trabalho realizado, as perdas de água observadas

não foram suficientes para causar o murchamento nem comprometer a aparência externa dos frutos.

4.1.2 Luminosidade da casca (L*)

A luminosidade da casca (L*) sofreu efeito significativo apenas do tempo de armazenamento, observando-se aumento à medida com passar do período de armazenamento, independente da concentração de água eletrolisada utilizada (Figura 2). Os frutos tratados com o sanitizante na concentração de 75 mg L⁻¹ apresentaram valor médio de L* da ordem de 54,23, enquanto os frutos tratados na concentração de 225 mg L⁻¹ resultou no menor valor médio de L* 50,98. Esse aumento na luminosidade está relacionado ao amadurecimento e, portanto, à degradação da clorofila (perda da cor verde) e ao aparecimento dos carotenoides (cor mais avermelhada), que por apresentar coloração mais intensa, possivelmente, pode estar refletindo no aumento da luminosidade.

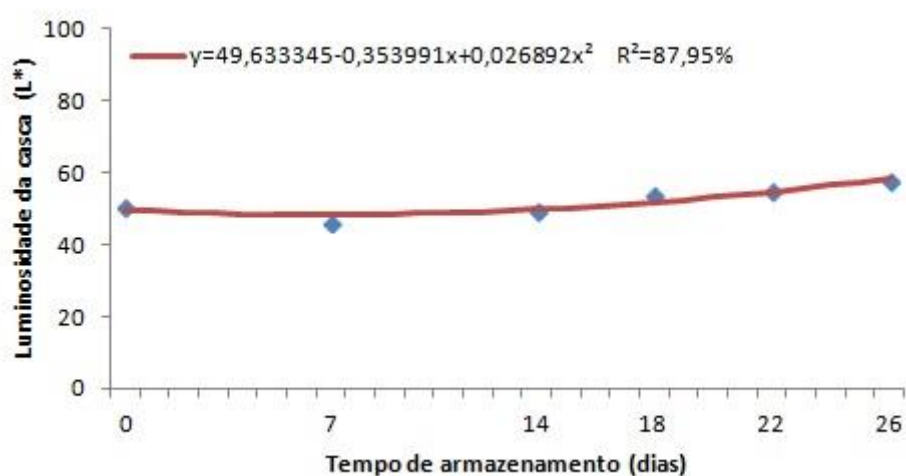


Figura 2 – Luminosidade da casca (L*) das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria (11°C ± 2) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente (22°C ± 2).

4.1.3 Coloração da casca a*

A coloração da casca, da mesma forma, variou apenas em função do amadurecimento, ao longo do período de armazenamento (Figura 3). A evolução da coloração da casca (parâmetro a*), passando de verde escuro para vermelha, coloração essa predominante na variedade ‘Tommy Atkins’ madura, ocorreu, exclusivamente, devida ao amadurecimento da manga, sem nenhuma interferência dos tratamentos com água eletrolisada. A concentrações de água eletrolisada a 150 mg L⁻¹ favoreceu a melhor cor da casca a* com valor de 9,70. Essa mudança de cor em manga é o resultado de um processo de desmascaramento dos carotenoides presentes na casca (Figura 16), após a degradação da clorofila (Figura 15), ou pode ser ainda um indicativo da oxidação de pigmentos durante a manutenção prolongada sob baixa temperatura (COSTA, 2008), como ocorre em manga ‘Palmer’ (JERÔNIMO e KANESIRO, 2000) e ‘Tommy Atkins’ (MORAES et al., 2002).

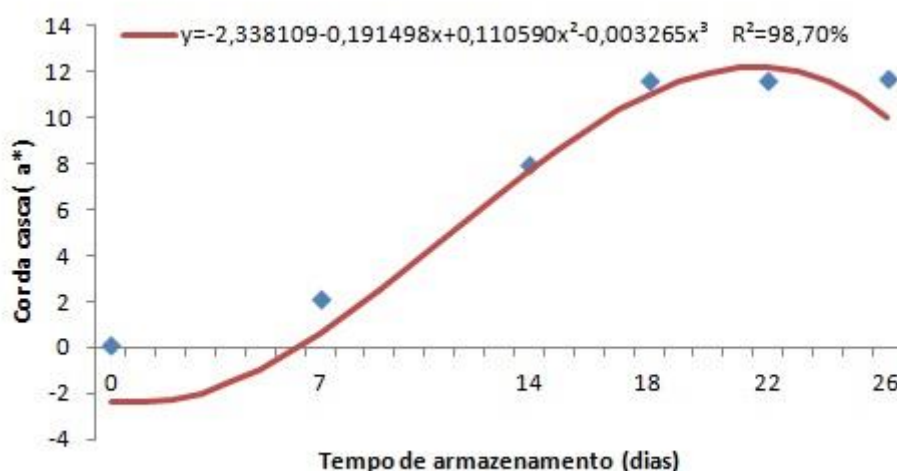


Figura 3 – Cor da casca a*, das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria (11°C ± 2) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente (22°C ± 2).

4.1.4 Coloração da casca b*

O parâmetro b* refere-se à variação de cor entre o azul (-b) e o amarelo (+b). Assim como o parâmetro a* houve diferença significativa entre os tempos de

armazenamento, cujos valores tenderam a aumentar indicando a evolução da cor amarela alaranjada (Figura 4). A evolução da cor amarela da casca é decorrente da quebra estrutural da molécula de clorofila, envolvendo a atividade da enzima clorofilase e a síntese de carotenoides. De acordo com Benevides et al. (2008), valores elevados de b* podem indicar a prevalência dos carotenoides sobre outros pigmentos.

O valor da coloração da casca b* não foi influenciado pelas concentrações de água eletrolisada, sendo afetada apenas pela evolução normal das alterações bioquímicas que ocorrem naturalmente devido ao amadurecimento, durante o armazenamento.

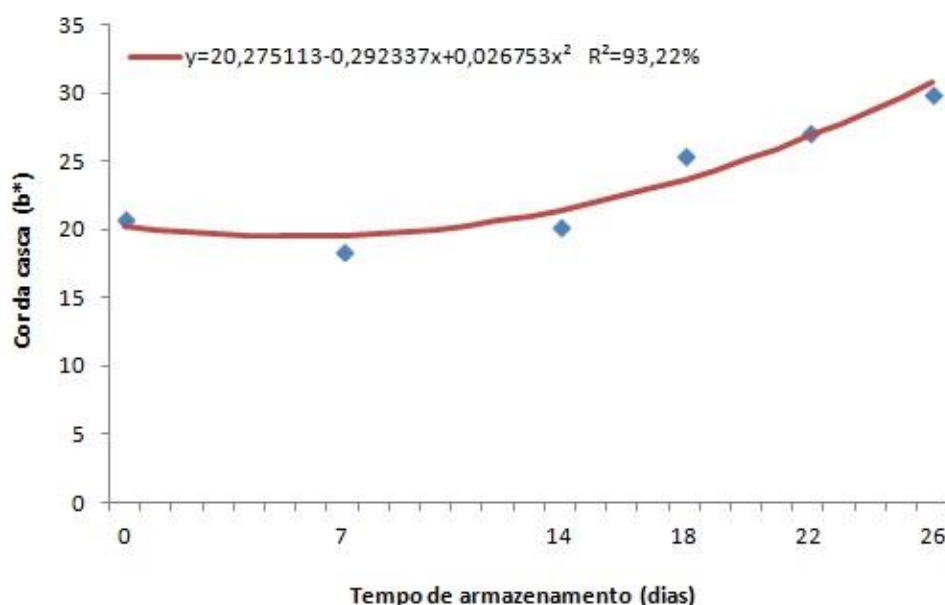


Figura 4 – Cor da casca b* das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria (11°C ± 2) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente (22°C ± 2).

4.1.5 Aparência externa

Os resultados referentes à evolução da aparência externa dos frutos, durante o tempo de armazenamento, são apresentados na Figura 5. Pode-se observar que, independente dos tratamentos testados, os frutos mantiveram

aparência boa a regular por 18 dias, e as diferentes concentrações de água eletrolisada não influenciaram a aparência externa.

A aparência externa é fundamental em frutos destinados ao mercado *in natura*, por ser fator de atratividade e exercer influência direta sobre a escolha do consumidor. No caso de mangas, estas devem apresentar a casca limpa, firme, livre de manchas e de rugosidade. Neste trabalho, a nota “2” foi associada à aparência regular e aceitável para o consumo, isto é, considerada como um valor determinante para a vida comercial destes frutos. O tempo de armazenamento foi o fator que provocou alterações na aparência externa, relacionadas ao amadurecimento normal da fruta. Iniciando com escala próxima a 1, no início, até escala 2,5, ao final da avaliação.

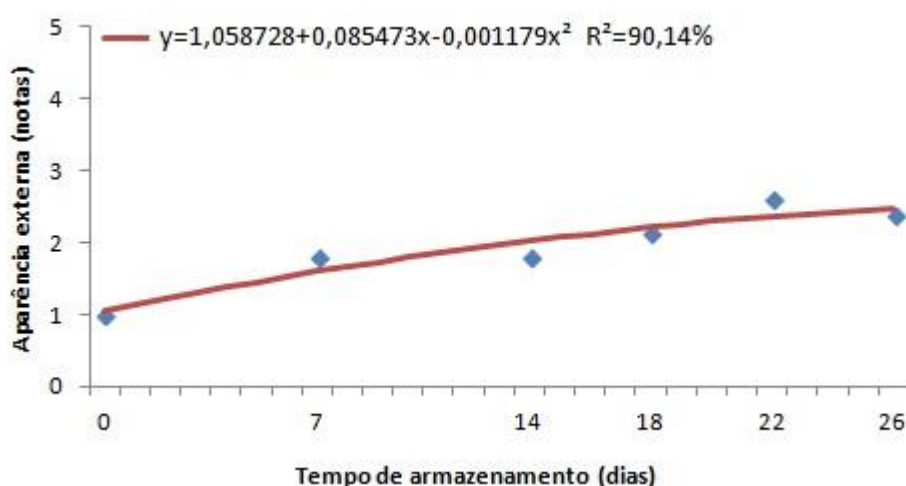


Figura 5– Aparência externa das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Os frutos, em todos os tratamentos, revelaram boa aparência externa, sem manchas ou lesões, firmes ao tato e com coloração normal. A aparência externa dos frutos pode variar bastante de acordo com o tratamento que o fruto recebe desde a colheita até chegar às mãos do consumidor final. Portanto, fatores relacionados aos cuidados durante a colheita, transporte e embalagem, influenciam significativamente na aparência do fruto.

4.1.6 Aparência interna

Considerando a aparência interna (Figura 6), observa-se perda de qualidade com o avanço do armazenamento, pois as notas atribuídas passaram de 1 para 3, indicando desordem observada de 10 a 30% da área afetada. Essa desordem não foi influenciada pelas diferentes concentrações de água eletrolisadas aplicadas, não diferindo do controle, mas diferindo apenas em função do tempo de armazenamento, relacionando-se ao amadurecimento normal dos frutos.

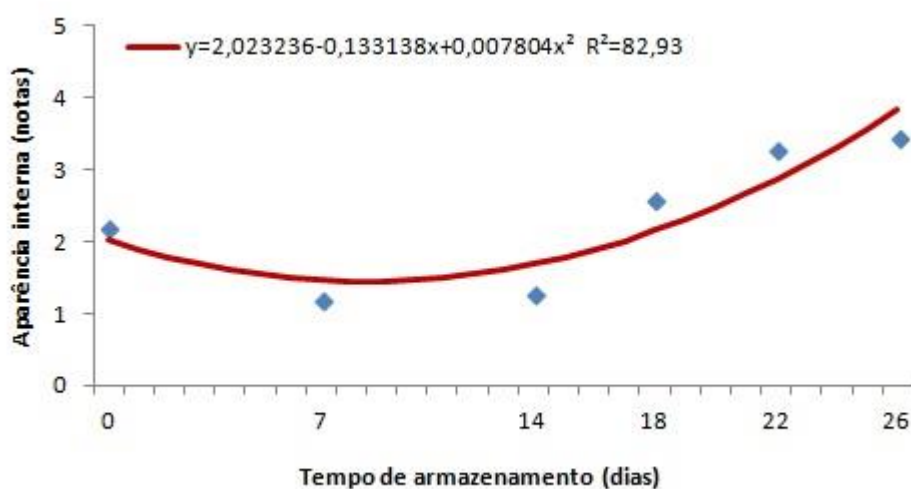


Figura 6 – Aparência interna das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

4.1.7 Firmeza da polpa

Com relação à firmeza da polpa, não houve efeito significativo das diferentes concentrações de água eletrolisada ao ser comparada com o tratamento controle, sem adição de água eletrolisada. Observou-se efeito significativo devido ao tempo de armazenamento, ocorrendo redução da resistência da polpa, indicando amolecimento, característica normal ao amadurecimento. Na Figura 7 observa-se o valor máximo de 33,96 N no início do armazenamento e o mínimo de 0,63 N no final do período de armazenamento. Essa redução tão acentuada na firmeza da polpa, observada em todos os tratamentos, deve-se ao amadurecimento dos frutos.

A firmeza é considerada um dos atributos de importância na qualidade de frutos, já que afeta a resistência ao transporte, às técnicas de conservação pós-colheita e ataque de micro-organismos (JERÔNIMO et al., 2007). Assim como é uma das características da textura e corresponde ao grau de resistência dos tecidos vegetais à compressão. É relacionada com a composição e com o grau de solubilização das pectinas das paredes celulares bem como da lamela média. (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

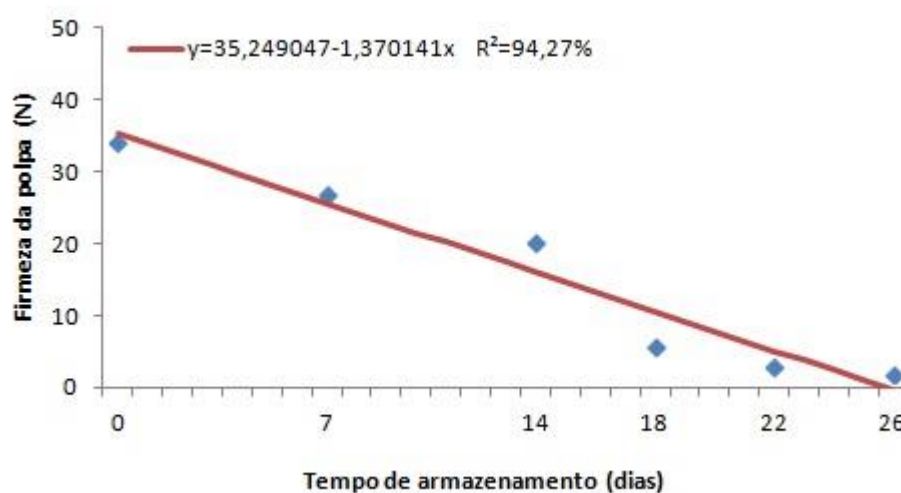


Figura 8 – Firmeza da polpa das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

4.1.8 Extravasamento de eletrólitos

Observou-se ao longo do período avaliado maior extravasamento de solutos em relação aos frutos-controle de 61,97% atingindo 97,17% aos 26 dias de armazenamento (Figura 8). Esse aumento foi causado, provavelmente, pela ruptura de células, causando aumento na quantidade de íons em solução e assim, contribuindo para elevação da condutividade elétrica do meio celular. Este fato pode estar realizado ao maior grau de amadurecimento dos frutos.

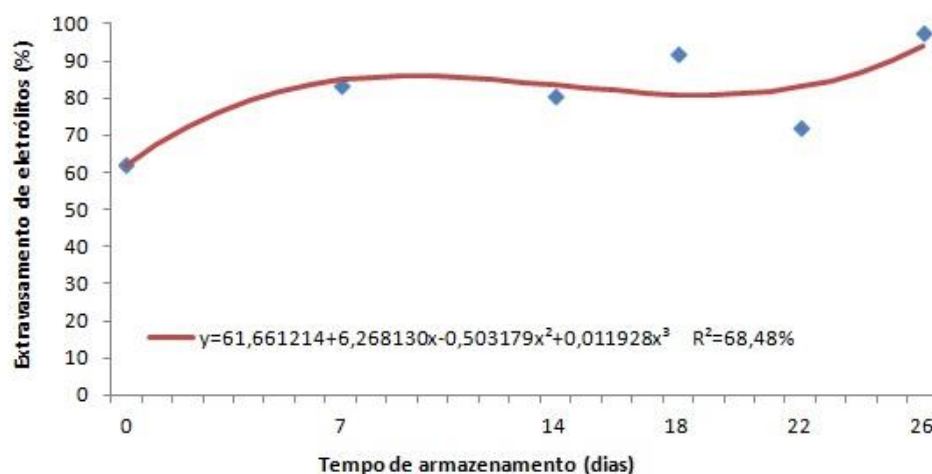


Figura 8 – Extravasamento de eletrólitos das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

4.2 Análises químicas e físico-químicas

Foi observada interação significativa entre as diferentes concentrações de água eletrolisada e os tempos de armazenamento para os teores de ácidos ascórbicos, açúcares solúveis totais, clorofila e polifenóis extraíveis totais nos frutos analisados durante o armazenamento por 26 dias. Isto indica que a concentração de água eletrolisada influenciou estas variáveis. Enquanto que para as variáveis pH, sólidos solúveis, relação SS/AT, acidez titulável e carotenoides totais não apresentaram interação entre as variáveis estudadas.

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

De acordo com os resultados obtidos em relação ao pH, observou-se diferença significativa para o tempo de armazenamento, não se observando diferenças significativas devido às diferentes concentrações de água eletrolisada.

De modo geral, o pH aumentou nos períodos de armazenamento, iniciando com valor mínimo de 2,78, e atingindo o máximo de 5,11(Figura 9). O aumento de pH, verificado, está associado com a evolução das reações bioquímicas dos processos de maturação e do metabolismo do fruto que ocorre durante o seu armazenamento, diminuindo a acidez e aumentando o teor de açúcares.

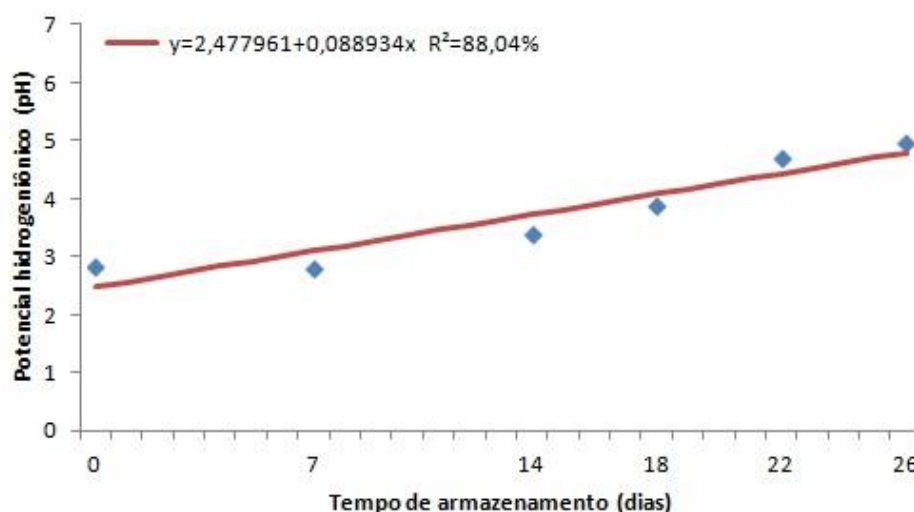


Figura 9 – pH das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

4.2.2 Sólidos solúveis (SS)

Os resultados referentes à evolução dos teores de SS indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos com água eletrolisada e o controle, mas houve diferença significativa entre os tempos de armazenamento. No primeiro dia do processamento o teor de sólidos solúveis foi de $9,74^{\circ}\text{Brix}$, enquanto que aos 16 dias de armazenamento o teor máximo foi de $12,51^{\circ}\text{Brix}$, em seguida uma diminuição (Figura 10). De acordo com Vilas Boas et al. (2004) os sólidos solúveis são usados como indicadores de maturidade e também determinam a qualidade da fruta, exercendo importante papel no sabor. O valor observado para sólidos solúveis representa o teor de açúcares, ácidos orgânicos e outros constituintes menores. Portanto, diminuição nos valores dessa variável representa teores mais baixos em um ou mais constituintes que compõem os sólidos solúveis (REIS et al., 2005). Caso os frutos sejam direcionados à preparação de polpa, é necessário o uso de frutos próximos à maturação completa, pois a legislação exige o mínimo de 11°Brix para a polpa de manga, segundo a Instrução Normativa nº 12, de 04/09/2003 (BRASIL, 2003).

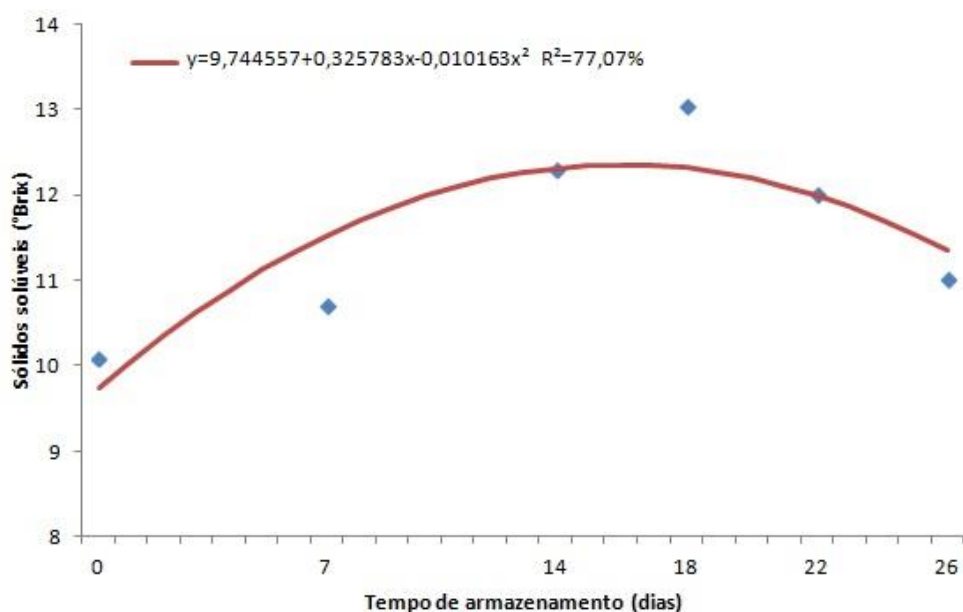


Figura 10 – Sólidos solúveis das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

4.2.3 Acidez titulável(AT)

Houve diferença significativa em relação ao tempo de armazenamento. Verificou-se uma diminuição no teor de acidez titulável com o tempo de armazenamento (Figura 11). Os valores obtidos foram de 1,20% aos 6 dias de armazenamento e de 0,10% aos 26 dias de armazenamento. A diminuição no teor de acidez durante o armazenamento observado neste experimento pode ser explicada pela utilização dos ácidos orgânicos como substrato na respiração (NUNES et al., 1995; YAMASHITA et al., 2006). Normalmente, os ácidos orgânicos tendem a diminuir no decorrer do armazenamento, à medida que são utilizados durante a respiração ou convertidos em açúcares (ALVES et al., 2010).

A maturação dos frutos durante o tempo de armazenamento acarretou diminuição nos valores de acidez titulável, para todos os tratamentos, indicando que os tratamentos com água eletrolisada não influenciaram na acidez.

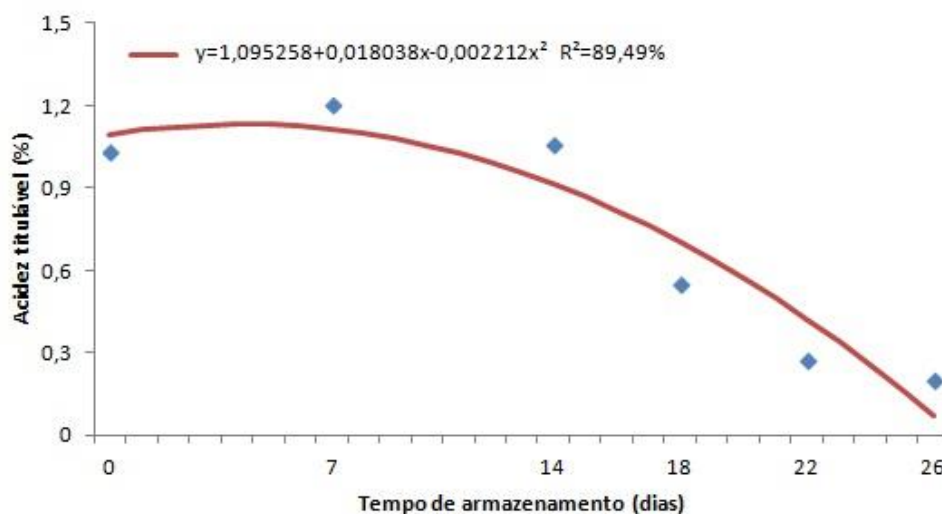


Figura 11 – Acidez Titulável das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

4.2.4 Relação SS/AT

Os resultados obtidos na avaliação da relação SS/AT expressaram efeito significativo no período de armazenamento (Figura 12). Entre o início e final do período de armazenamento foi observado aumento da relação SS/AT em mangas ‘Tommy Atkins’. O maior percentual desse parâmetro foi atingindo ao final do período de armazenamento 60,21. Esse acréscimo é devido ao aumento do teor de sólidos (açúcares) em proporções maiores em relação à acidez durante o amadurecimento.

Segundo Souza (2004) e Prado (2009), a contribuição dos ácidos orgânicos para a qualidade sensorial dos frutos deve-se, principalmente, ao balanço entre seus conteúdos e os de açúcares, pois esta relação alta contribui com um gosto doce na fruta.

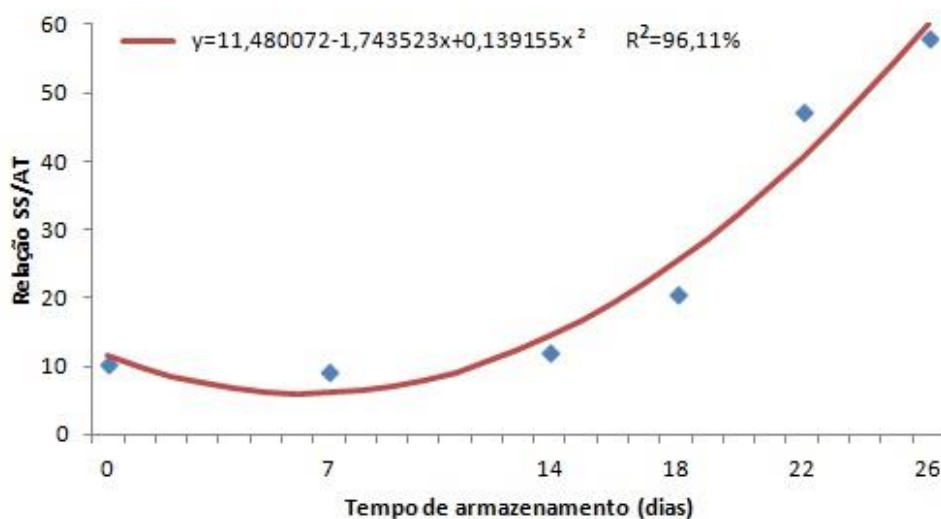


Figura 12 – Relação SS/AT das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

A análise de variância dos resultados referentes às diferentes concentrações de água eletrolisada da relação SS/AT indicou efeito significativo. Os frutos apresentaram, inicialmente valores médios de 21,78 na concentração 225 mg L^{-1} e no final do período de armazenamento apresentou maior valor médio de 29,25 na concentração 150 mg L^{-1} (Tabela 1).

O efeito benéfico da aplicação da água eletrolisada na redução da velocidade de amadurecimento das mangas pode ser verificado quando se analisam os valores da relação SS/AT, conhecida como ratio. A relação SS/AT é um dos índices mais utilizados para determinar a maturação, sendo indicativa do sabor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Tabela 1. Relação SS/AT das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Concentrações de água eletrolisada (mg L^{-1}) *	Relação SS/AT
	Médias*
0	27,12ab
75	25,40ab
150	29,25a
225	21,78b
300	27,93ab

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

4.2.5 Ácido ascórbico

O conteúdo de ácido ascórbico na polpa de mangas ‘Tommy Atkins’ foi influenciado pela forma de interação significativa pelos tempos de armazenamento e concentrações de água eletrolisada.

O teor de ácido ascórbico é um importante atributo de qualidade dos frutos cítricos em geral e observou-se redução no seu teor durante o 10º dia de armazenamento de $114,44 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$ e aumento no 26º dia de armazenamento de $154,75 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Figura13). Estes valores são maiores do que Cruz et al. (2012) que indicaram quantidade de $3 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$, enquanto que Cardelo e Cardelo (1998) indicaram que manga Haden tem teor de $210 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$ na colheita, reduzindo o teor de ácido ascórbico para $110 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$, após amadurecimento durante 14 dias de armazenamento a 20°C .

A vitamina C é um dos compostos com atuação antioxidante, o que leva a sugerir que esse aumento, durante o período de armazenamento, possa estar associado a algum estresse oxidativo causado pela água eletrolisada. Além disso, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), é de se esperar um aumento no teor de ácido ascórbico dos frutos durante o seu desenvolvimento, até atingir a maturidade fisiológica, e podem oscilar ou mesmo decair durante as fases pós-colheita.

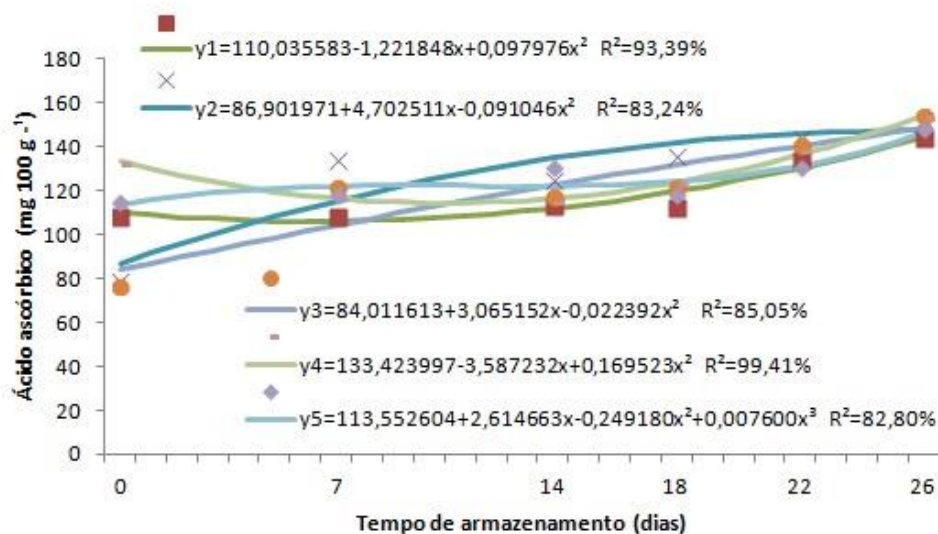


Figura 13 – Ácido ascórbico das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^\circ\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^\circ\text{C} \pm 2$).

A diferença significativa obtida para os valores médios do teor de ácido ascórbico, entre as concentrações de água eletrolisada e os tempos de armazenamento, podem estar associadas a diferenças dos estados de maturação das unidades amostrais (frutos). As variações foram de $135,99 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (tratamento com teor de $75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ no tempo 18 dias), a $76,75 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de ácido ascórbico no tempo 0, na concentração de $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Tabela 2).

Tabela 2. Ácido ascórbico das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Concentrações de água eletrolisada (mg L ⁻¹) *	Ácido ascórbico (mg100g ⁻¹)					
	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	7	14	18	22	26
0	108,70b	109,21b	113,65a	112,95b	134,47a	144,34a
75	79,31c	134,32a	125,81a	135,99a	144,85a	152,80a
150	76,75c	121,78ab	117,48a	121,79ab	140,52a	153,69a
225	133,30a	117,32ab	115,12a	123,54ab	138,37a	153,89a
300	114,52b	117,97ab	130,99a	118,41b	130,47a	147,84a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukeya 5% de probabilidade.

4.2.6 Açúcares solúveis totais (AST)

Os resultados obtidos na avaliação dos açúcares solúveis totais expressaram interação entre os tratamentos, mostrando que as concentrações de água eletrolisada se comportaram diferentemente com relação ao tempo de armazenamento (Figura 14).

Observaram-se progressivos aumentos, seguidos de decréscimos nos teores de Açúcares Solúveis Totais (AST), cujo valor máximo de 9,40% no 14º dias de armazenamento e o valor mínimo foi de 5,50% no 26º dia de armazenamento. Esse comportamento determina o estágio de maturidade em que os frutos se encontravam em decorrência da hidrólise do amido.

Os valores médios de açúcares solúveis totais após o armazenamento concordam com os obtidos por Rocha (2001), o qual observou para essa cultivar um aumento com o avanço da maturação.

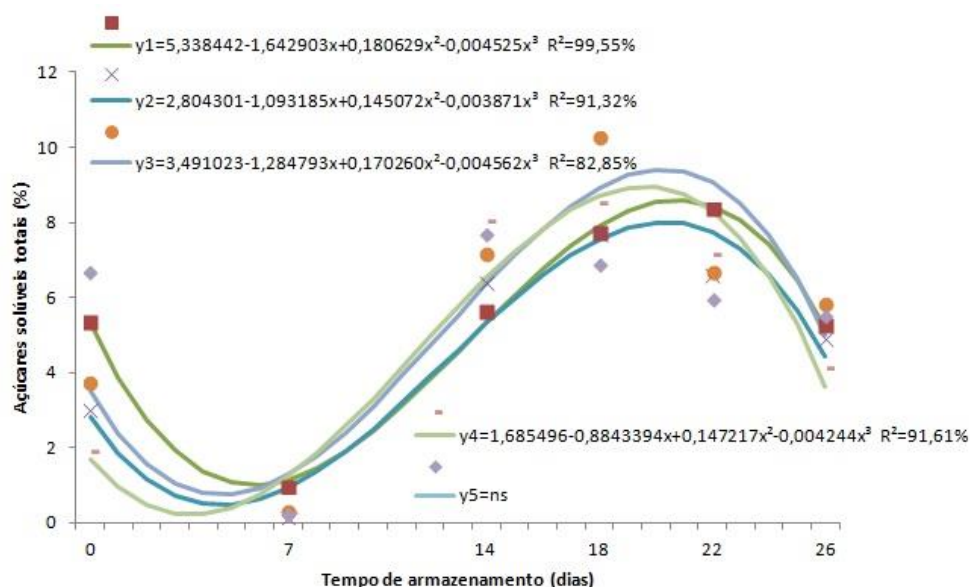


Figura 14 – Açúcares solúveis totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Foram verificadas diferenças significativas para os teores de AST das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada nos tempos de 0 (controle) e 18 dias de armazenamento e nas concentrações 300 e 150 mg L^{-1} , respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Açúcares solúveis totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Concentrações de água eletrolisada (mg L^{-1}) *	Açúcares solúveis totais (%)					
	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	7	14	18	22	26
0	5,37ab	0,98a	5,62a	7,74ab	8,36a	5,26a
75	3,00bc	0,15a	6,41a	7,67ab	6,61a	4,89a
150	3,74abc	0,33a	7,17a	10,27a	6,70a	5,86a
225	1,92cd	0,28a	8,03a	8,53ab	7,15a	4,15a
300	6,68a	0,25a	7,68a	6,87b	5,98a	5,53a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.7 Clorofila total

Observou-se interação significativa entre os fatores tempo x concentrações, cujos valores máximos foram de 0,48mg g⁻¹, 0,28mg g⁻¹, 0,49mg g⁻¹, 0,36mg g⁻¹ e 0,27mg g⁻¹ nos tempos de armazenamento de 1, 10, 10, 9, 8, respectivamente(Figura 15).

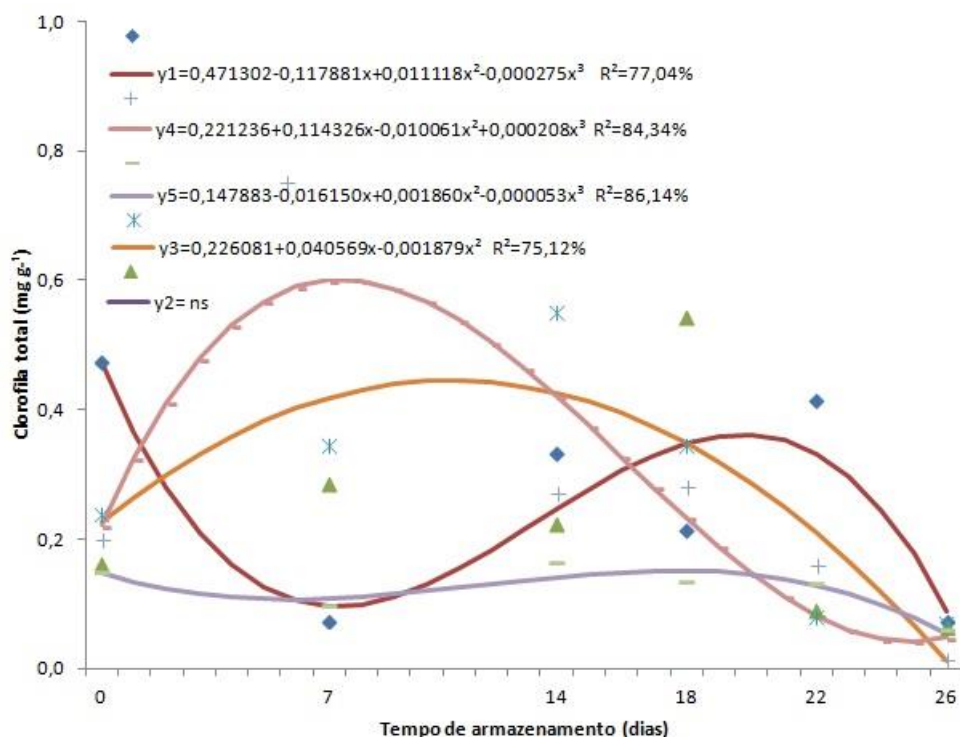


Figura 15 – Teor de Clorofila das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria (11°C ± 2) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente (22°C ± 2).

Diferenças significativas também foram observadas quanto aos tempos de armazenamento e concentrações, nos dias 7, 14 e 18, os quais foram constatados que possuíam valores de 0,68, 0,55 e 0,54mg g⁻¹, referentes as concentrações 225, 150 e 75 mg L⁻¹, respectivamente, evidenciando a redução nos teores de clorofilas ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 4).

A cor verde dos frutos se deve à presença das clorofilas “a” e “b”, e a perda da cor verde resulta da quebra da estrutura destas clorofilas, causada principalmente pelas mudanças de pH, resultantes da presença de ácidos orgânicos, pela presença de sistemas oxidantes, atividade de clorofilases e da ação das enzimas lipoxigenase e

peroxidase, que parecem estar indiretamente ligadas ao processo de degradação da clorofila (TAIZ e ZEIGER 2004; CHITARRA e CHITARRA (2005).

Tabela 4. Teor de Clorofila das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Concentrações de água eletrolisada (mg L^{-1}) *	Teor de Clorofila (mg g^{-1})					
	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	7	14	18	22	26
0	0,47a	0,07b	0,33ab	0,21ab	0,41a	0,07a
75	0,16a	0,28b	0,22ab	0,54a	0,09a	0,06a
150	0,24a	0,34ab	0,55a	0,34ab	0,08a	0,07a
225	0,20a	0,68a	0,27ab	0,28ab	0,16a	0,01a
300	0,15a	0,09b	0,16b	0,13b	0,13a	0,06a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

4.2.8 Carotenoides totais (CT)

Os teores de carotenoides apresentaram diferença significativa entre os tempos de armazenamento (Figura 16). A manutenção de carotenoides durante o armazenamento é uma característica importante na preservação da qualidade nutricional do produto, uma vez que essas substâncias são precursoras diretas de vitamina A (CAMPOS et al., 2006).

Os carotenoides podem estar presentes nos frutos em estágios iniciais de desenvolvimento, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila. Esses pigmentos também podem ser sintetizados com a degradação da clorofila na evolução da maturação (PAULL e CHEN, 2003).

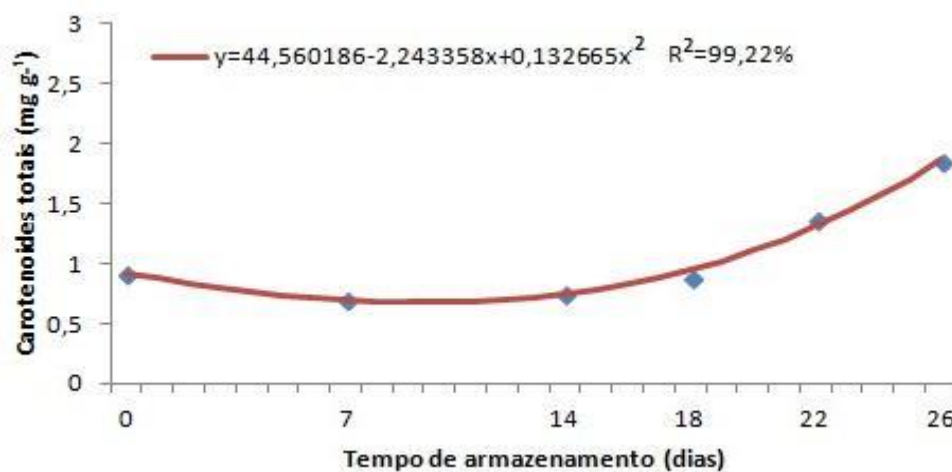


Figura 16 – Carotenoides totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria (11°C ± 2) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente (22°C ± 2).

A análise de variância dos resultados referentes às diferentes concentrações de água eletrolisada dos carotenoides indicou efeito significativo. Os frutos apresentaram inicialmente valores médios de 0,82 na concentração 225mg L⁻¹ e no final do período de armazenamento apresentou maior valor médio de 1,19 na concentração 300mg L⁻¹ (Tabela 5).

Tabela 5. Carotenoides totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria (11°C ± 2) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente (22°C ± 2).

Concentrações de água eletrolisada (mg L ⁻¹) *	Carotenoides totais (mg g ⁻¹)
	Médias*
0	1,08ab
75	1,13ab
150	1,18 a
225	0,82b
300	1,19 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os compostos carotenoides além da atividade como provitaminas A desempenham várias funções nos organismos vivos, tais como atividade antioxidante, aumento da função imune, além da pigmentação do fruto Clevidence, Paetau e Smith (2000), sendo responsáveis pela coloração vermelha, amarela e laranja de frutas e vegetais. De acordo com Fonseca (2002), o teor de carotenoides presentes na manga aumenta de acordo com a maturação, conferindo a cor amarela do fruto maduro, dentre eles o β caroteno, presente em maior quantidade.

4.2.9 Polifenóis extraíveis totais

O conteúdo de polifenóis extraíveis totais (PET) reduziu ao longo do armazenamento, sendo influenciada de forma significativa ($P < 0,05$) pelo tempo de armazenamento e concentrações. As modificações nos conteúdos de PET em mangas estão apresentadas na Figura 17. A atividade antioxidante de plantas está correlacionada à quantidade de compostos fenólicos, daí a importância de quantificar esses compostos (CHEUNG et al., 2003). Os polifenóis são substâncias capazes de neutralizar as moléculas de radicais livres (KLIMCKAC et al., 2007; JAYAPRAKASHA; PATIL, 2007).

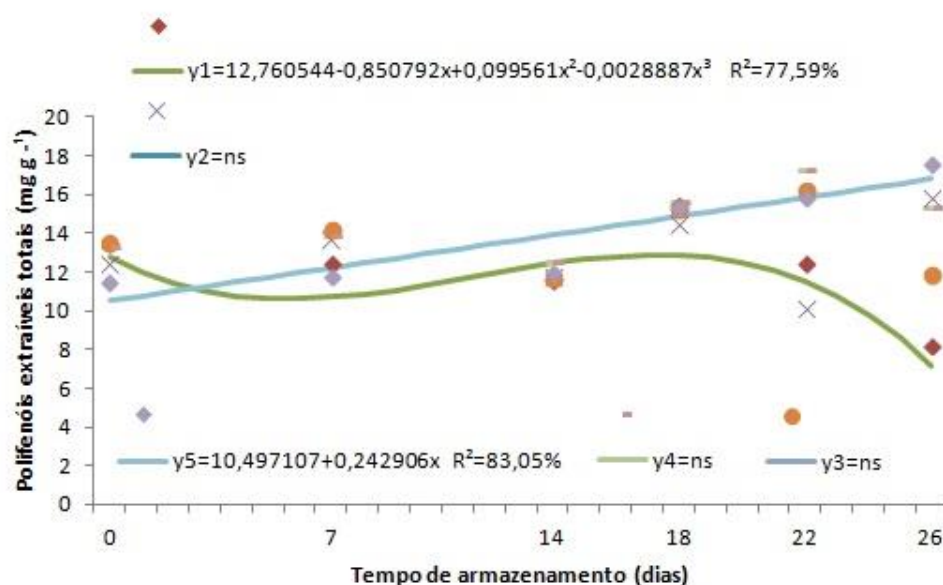


Figura 17 – Polifenóis extraíveis totais das mangas “Tommy Atkins” tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Na Tabela 6 pode-se observar que o teor de fenólicos totais variou de $8,25 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$ a $17,60 \text{ mg} 100 \text{ g}^{-1}$. O conteúdo de polifenóis em alimentos pode variar conforme fatores, como: região geográfica de plantio, variação à exposição solar, método de cultivo e fertilização aplicados, cultivar analisado, dentre outros. Segundo Melo et al. (2008), as discrepâncias dos resultados podem ser decorrentes das características ambientais do cultivo, variedade e maturidade dos frutos, além da peculiaridade metodológica relacionada ao solvente extrator e ao polifenol usado como padrão para a quantificação dos compostos fenólicos.

Tabela 6. Polifenóis extraíveis totais das mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com água eletrolisada armazenada em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$) por 18 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Concentrações de água eletrolisada (mg L^{-1}) *	Polifenóis extraíveis totais (mg g^{-1})					
	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	7	14	18	22	26
0	13,58a	12,52ab	11,64a	15,44a	12,50b	8,25d
75	12,42ab	13,69a	11,80a	14,48a	10,14c	15,82b
150	13,49a	14,17a	11,69a	15,24a	16,19a	11,88c
225	13,36a	13,95a	12,58a	15,72a	17,38a	15,39b
300	11,51b	11,80b	12,00a	15,39a	15,89a	17,60a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 Análises morfológicas

Na coloração com o Azul de Toluidina- AT (Figura 18) as paredes celulares coraram em azul, apenas os dois últimos tempos (Fig. 18F, 1L e 1R) observou-se uma leve metacromasia. Em vegetais, a presença de radicais aniônicos nas substâncias pécticas, promove a coloração das paredes celulares pelo AT a pH 4,0, é um corante básico que apresenta radicais NH_3^+ livres (VIDAL, 1977). O fenômeno de metacromasia é comum a inúmeros corantes básicos incluindo o AT. Caracteriza-se por uma diminuição no pico de absorção da solução do corante (hipocromismo), a medida que ocorre aumento na sua concentração em solução. Isso faz com que a disponibilidade de radicais aniônicos e proximidade dos mesmos no substrato a ser corado, seja estimada pela visualização da cor obtida, que em função dessas interações passa do verde (monômeros de AT) para azul arroxeadado e róseo a medida que mais e mais molécula do corante se empilhem no substrato (VIDAL, 1987).

A metacromasia apresentada nas paredes das células nos dois últimos tempos do T5 coradas com AT a pH 4,0, provavelmente esteja relacionado com o amadurecimento do fruto. Na figura 18 observa-se uma diminuição da coloração com o VR no último tempo de coleta (Figuras 1F, 1L e 1R). O Vermelho de Rutênio (VR) é um corante que identifica substâncias pécticas, sendo utilizado em microscopia

ótica desde 1890 na coloração de pectinas, mucilagens e goma, foi introduzida na microscopia eletrônica de transmissão e no estudo de células animais, para detecção citoquímica de poliosídios e mucopolissacarídeos ácidos (LUFT 1971). A redução acentuada na firmeza da polpa, observada em todos os tratamentos, deveu-se ao amadurecimento dos frutos em decorrência das alterações dos componentes de parede celular da célula vegetal. Lucena et al. (2011) observou uma diminuição nos teores de pectina total e solúvel durante o amadurecimento da manga. A reação com o VR pode estar correlacionada à interação do cálcio e pectinas (ROSSI 1973), formando pectato de cálcio, substância representativa da rigidez das plantas e responsável pela coesão direta entre as células, mas indireta na coesão das células que contém lignina. A diminuição da interação com o cálcio pode favorecer a ligação do AT nas paredes das células do material coletado no final do experimento (Fig. 19F, L e R).

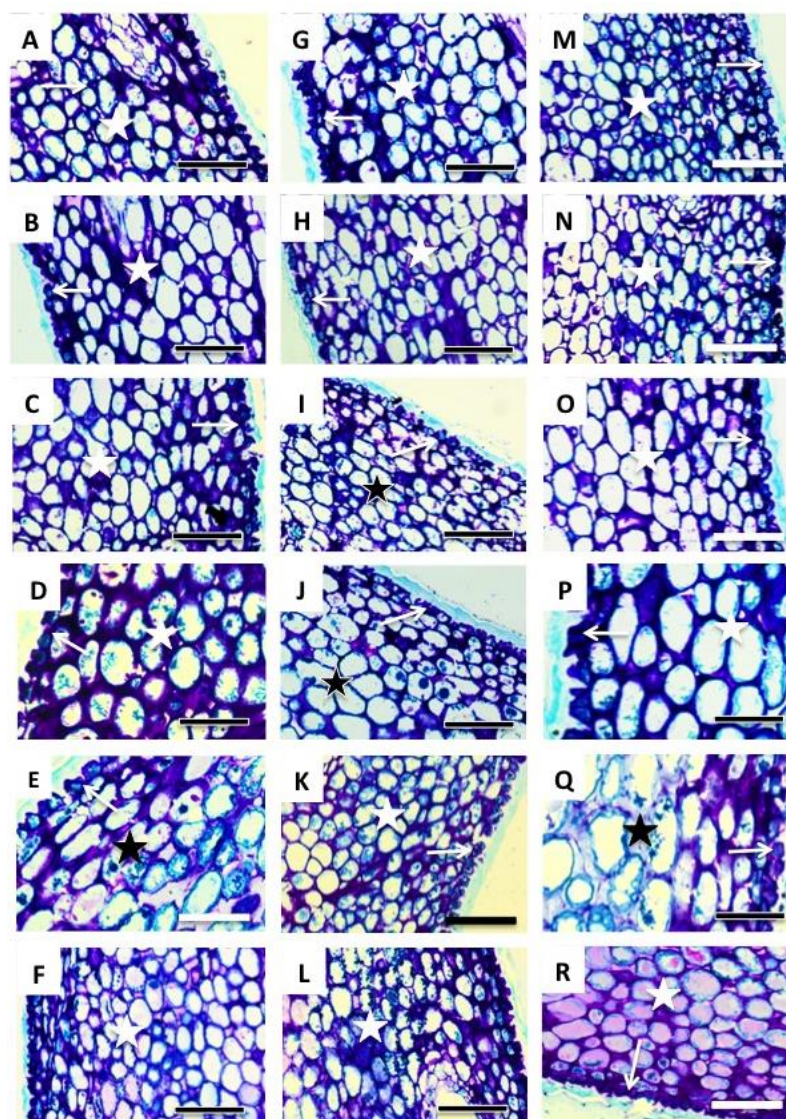


Figura 18. Cortes de manga corados com, Azul de Toluidina pH 4,0. Tratamento 1: A, B, C, D, E e F, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; Tratamento 3: G, H, I, J, K e L, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; Tratamento 5: M, N, O, P, Q e R, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente. Células epidérmicas (→), células do mesocarpo (★). Barra: 200 μ m.

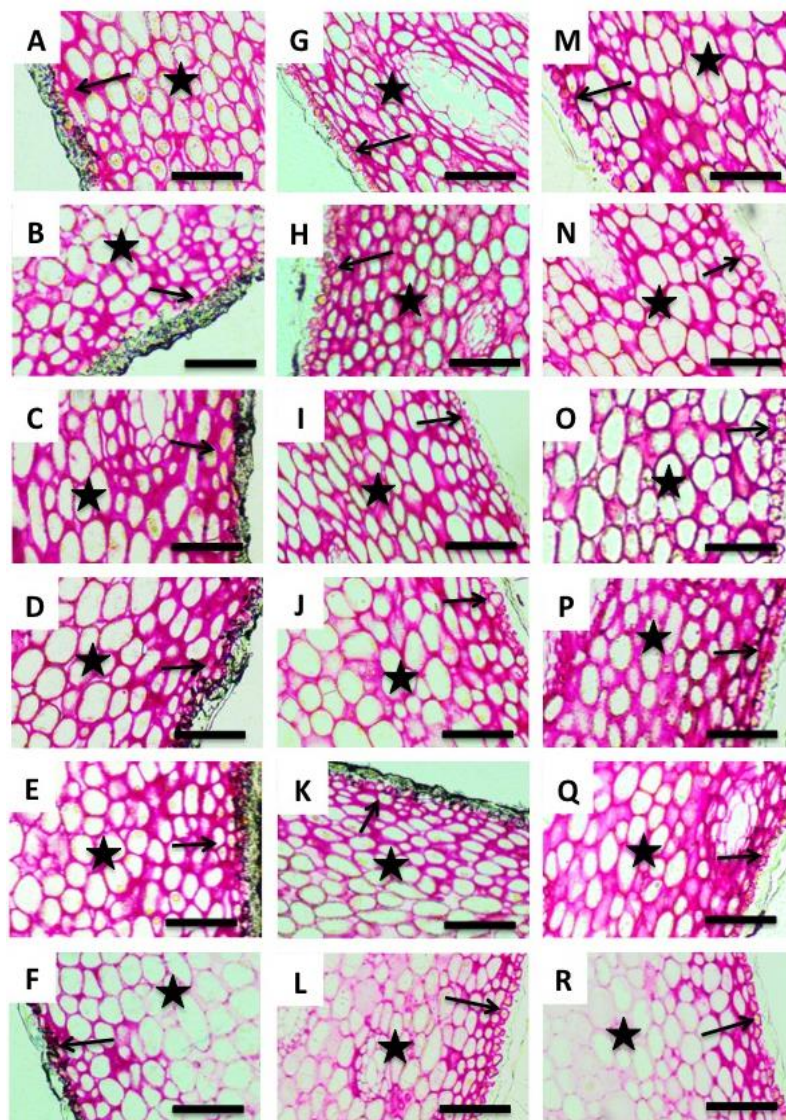


Figura 19. Cortes de manga corados com Vermelho de Rutênio. Tratamento 1: A, B, C, D, E e F, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; Tratamento 3: G, H, I, J, K e L, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; Tratamento 5: M, N, O, P, Q e R, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente. Células epidérmicas (→), células do mesocarpo (*). Barra: 200 μ m.

Nos cortes transversais submetidos a reação do PAS, pode-se observar a presença de camadas epidérmicas, de células compactas, arredondadas, poligonais e de diferentes tamanhos (Figuras 20). Segundo Kurzweil et al. (1995), células epidérmicas maiores estão relacionadas à função de reserva de água.

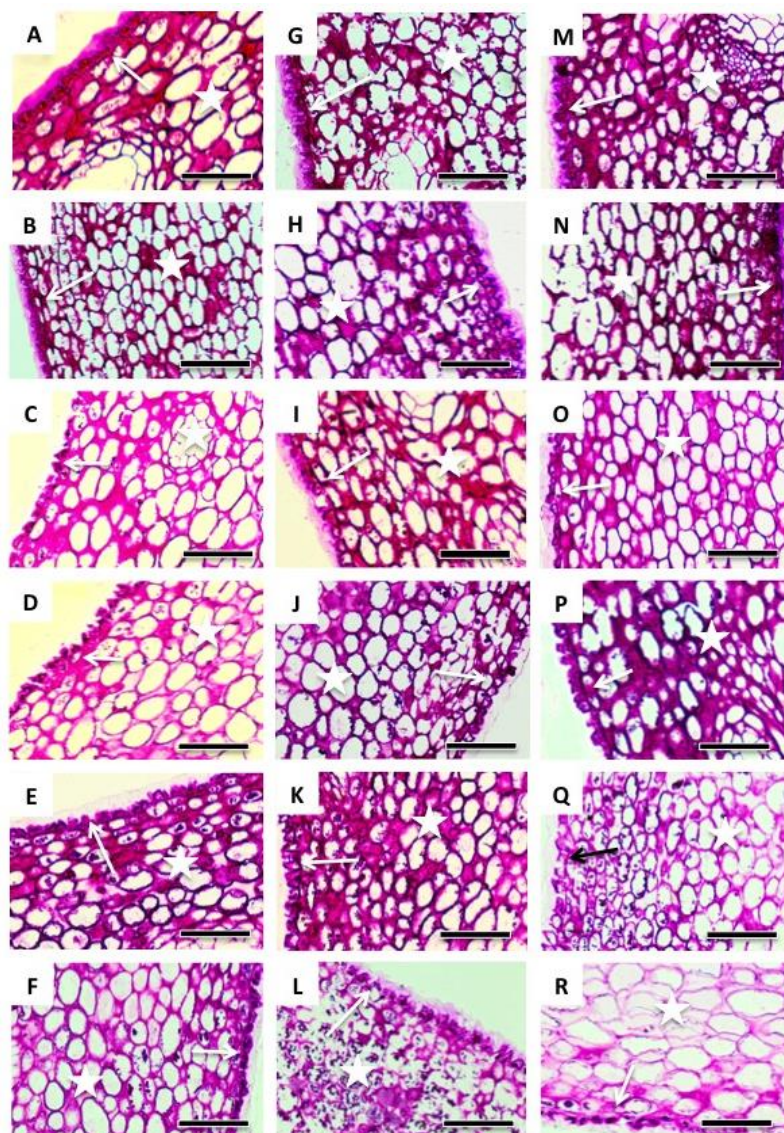


Figura 20. Cortes de manga submetidas a Reação do PAS. Tratamento 1: A, B, C, D, E e F, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; Tratamento 3: G, H, I, J, K e L, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente; Tratamento 5: M, N, O, P, Q e R, 1a, 2a, 3a, 4a, 5a e 6a coleta respectivamente. Células epidérmicas (→), células do mesocarpo (*). Barra: 200 μ m.

O método do PAS é geralmente utilizado par evidenciar polissacarídeos neutros. Em vegetais, através do PAS, evidenciam-se celulose, hemiceluloses e amido. Essa reação baseia-se na oxidação de grupos hidroxila de carbonos vicinais

pelo ácido periódico (HIO_4), formando dois radicais aldeídicos. Em um segundo momento, esses radicais se ligam ao reativo de Schiff, que é uma solução incolor, preparada a partir da fucsina básica. Esse corante, apresenta cor magenta e, sob ação do anidrido sulfuroso, tem seu grupo cromofórico alterado, originando uma solução sem cor. Essas moléculas incolores ligam-se aos grupos carbonila (formados pela oxidação das hidroxilas), restabelecendo assim, a região cromofórica do corante (CORTELAZZO et al., 1983; VIDAL, 1987). Pode-se observar no citoplasma das células do mesocarpo uma reação positiva para os polissacarídeos (que aparecem como grânulos roxeados), mas este aparecimento não parece obedecer a nenhum padrão, seja de tratamento ou com o tempo. Esses grânulos corados pelo PAS são amido o qual foi comprovado com o Lugol.

O exocarpo no fruto maduro é caracterizado por epiderme unisseriada, com células poligonais em seção paradérmica e com arranjo em paliçada em seção transversal, e paredes periclinais externas e parte das anticlinais mais espessadas e lignificadas. As células do exocarpo possuem estrutura mais rígida se comparadas com as células do mesocarpo, que são maiores, mais vacuoladas, com paredes mais finas e com maiores espaços intercelulares.

Não foi observado nenhum aspecto relevante em relação à modificação na morfologia das células da manga. As alterações observadas na citoquímica da figura 18 e 19 parecem estar mais relacionadas com o amadurecimento natural do fruto, do que com os tratamentos e os tempos de armazenamento.

O amaciamento de frutos durante o seu amadurecimento implica em modificações de polissacarídeos da parede celular. Os reflexos econômicos desse amaciamento têm estimulado o desenvolvimento de uma série de pesquisas envolvendo bases bioquímicas do metabolismo da parede celular durante o amadurecimento de frutos. A diminuição da firmeza (textura da polpa) durante o amadurecimento tem sido atribuída a modificações e à degradação dos componentes da parede celular, tais como celulose, hemiceluloses e pectinas (HOPKINS; HUNER, 2004).

As substâncias pécticas constituem-se na classe de polissacarídeos da parede celular que sofrem a mais marcante modificação durante o amadurecimento

de alguns frutos, com o aumento, solubilização e despolimerização associadas ao amolecimento dos frutos (OLIVEIRA et al., 2006).

Tecidos com elevado turgor celular podem sofrer ruptura da parede celular, enquanto tecidos com baixo turgor, promove a separação celular e a redução na firmeza durante o amadurecimento, como observado em maçã (JOHNSTON et al., 2002).

Segundo Paiva et al. (2009) a presença da parede celular é uma característica intrínseca as células vegetais. A célula vegetal apresenta parede primária e secundária, e uma lamela média, rica em pectato de cálcio, presente na junção das paredes de células vivas. A parede celular primária é formada na fase de crescimento. Já a parede celular secundária forma-se após cessar o crescimento celular, e pode se tornar uma estrutura altamente especializada dependendo de sua localização.

A cutícula da manga como se pode observar nas figuras é bastante espessa, o que provavelmente dificulta qualquer substância (inclusive a água eletrolisada) de adentrar no fruto e atingir as camadas do exocarpo e do mesocarpo. A constituição de uma barreira natural pela deposição de cutícula na superfície dos frutos pode contribuir para o controle da perda de umidade e proporcionar resistência mecânica ao tecido (BARGEL; NEINHUIS, 2005).

Nos vegetais, a cutícula é um composto natural que recobre a epiderme como uma membrana extracelular contínua, constituída basicamente de dois componentes, a cutina – um biopolímero insolúvel – e os lipídios, coletivamente chamados de cera (KOLATTUKUDY, 1980). Esta é produzida pelas células epidérmicas e lançada externamente durante o desenvolvimento do fruto (KEISERMAN et al., 2004).

As características anatômicas e morfológicas dos frutos podem influenciar o aspecto fisiológico e a qualidade pós-colheita (KEISERMAN et al., 2004; PAULL; SRIVASTAVA, 2006). Em tomates, as diferenças anatômicas e morfológicas foram consideradas um dos fatores responsáveis pelas diferenças entre variedades, quanto ao comportamento fisiológico e bioquímico durante o amadurecimento.

No final do período de maturação várias mudanças qualitativas ocorrem dentro do fruto (frutos carnosos). Estas mudanças são coletivamente conhecidas como amadurecimento do fruto. Tais mudanças incluem o amolecimento devido a quebra enzimática da parede celular, hidrólise de amido e de outras macromoléculas, acúmulo de açúcares e redução nos teores de ácidos orgânicos e compostos fenólicos. Também se observa degradação de clorofila e acúmulo de outros pigmentos, como carotenoides (nos cromoplastos) e antocianina (nos vacúolos), nas células da epiderme desses frutos. Além disso, é comum a produção de compostos voláteis (ésteres aromáticos, aldeídos, etc.), os quais dão o cheiro característico de cada fruto.

Aplicações da água eletrolisada nos frutos têm sido reportadas, como efeitos positivos na preservação da integridade e funcionalidade da parede celular mantendo a consistência firme do fruto e contribuindo para melhor tempo de armazenamento.

Os tratamentos com água eletrolisada em frutos de manga demonstrou ser bastante efetivo na manutenção da textura, levando a uma menor solubilização de pectinas, e conseqüentemente, propiciou mais firmeza dos frutos, uma vez que a perda progressiva da firmeza ocorre como consequência do amadurecimento normal do fruto.

Durante a maturação até o completo amadurecimento dos frutos, numerosos processos bioquímicos ocorrem de forma sequencial ou concomitante, resultando em modificações sensíveis nas características químicas, notadamente na cor, na firmeza, no sabor e no aroma.

Nas análises avaliadas neste estudo ocorreu mudança característica inicial da maturação como a degradação da clorofila, bem como a síntese de outros pigmentos, envolvendo modificações na cor, seguida de aprimoramento do “flavor” pela síntese de açúcares, redução da acidez, acompanhadas de modificações da firmeza em decorrência da solubilização das pectinas.

Frutos da manga ‘Tommy Atkins’ quando expostas as concentrações de água eletrolisada não sofreram danos morfológicos que pudessem comprometer os componentes de reserva de seus frutos.

5. CONCLUSÃO

A água eletrolisada, nas concentrações utilizadas nesse experimento, permitiu conservar a qualidade pós-colheita da manga ‘Tommy Atkins’, conforme o esperado, indicando que:

A água eletrolisada não provoca alterações físicas, físico-químicas e morfológicas, ocorrendo apenas as mudanças esperadas e normais devido ao amadurecimento;

Tratamentos com água eletrolisada como sanificante, em concentrações de até 300 mg L⁻¹, permitem conservação por período de 26 dias a temperatura ambiente.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIAS, M.; USALL, J.; OLIVEIRA, M.; ALEGRE, I.; VIÑAS, I. Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally processed vegetables. **International Journal of Food Microbiology**, v.123, p.151-158, 2008.

AL-HAQ, M. I.; SEO, Y.; OSHITA, S.; KAWAGOE, Y. Disinfection effects of electrolyzed oxidizing water on suppressing fruit rot of pear caused by *Botryosphaeria berengeriana*. **Food Research International**, v.35, p.657–664, 2002.

AL-HAQ, M. I.; SEO, Y.; OSHITA, S.; KAWAGOE, Y. Fungicidal effectiveness of electrolyzed oxidizing water on post harvest brown rot of peach. **Horticultural Science**, v.36, p.1310–1314, 2001.

AL-HAQ, M. I.; SUGIYAMA, J.; ISOBE, S. Applications of electrolyzed water in agriculture and food industries. **Food Science. Technology Res.**, v.11, n.2, p.135-150, 2004.

AL-HAQ, M. I.; SUGIYAMA, J. **Application of electrolyzed water in food processing**. ASAE/CSAE annual meeting, Ottawa, Canada, 2005.

ALVES, J. A.; NASSUR, R. C. M. R.; PIRES, C. R. F.; ALCÂNTARA, E. M de.; GIANNONI, J. A.; LIMA, L. C. de O. Cinética de degradação de vitamina C em mangas “Palmer” minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.34, n.3, p.14-721, 2010.

ALEXANDRE, E.M.C.; SANTOS-PEDRO, D. M.; BRANDÃO, T.R.S; SILVA, C.L.M. Influence of aqueous ozone blanching and combined treatments on microbial load of red bell peppers, strawberries and watercress. **Journal of Food Engineering**, v.105, p.277-282, 2011.

ALZAMORA, S.E.; TAPIA, M.S.; LÓPEZ-MALO, A. Minimally Processed Fruits and Vegetables: Fundamental Aspect and Applications. **Aspen Pub.** Maryland, US, p.277-286, 2000.

ANVISA-**Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 04 de abril de 2013.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 11. ed. Washington: **AOAC**, 1992.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington: **AOAC**, 1995. 1904p.

BARGEL, H.; NEINHUIS, C. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit growth and ripening as related to the biomechanical properties of fruit skin and isolated cuticle. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.56, n.413, p.1049-1060, 2005.

BARI, M. L.; SABINA, Y.; ISOBE, S.; UEMURA, T.; ISSHIKI, K. Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on the surfaces of tomatoes. **Journal of Food Protection**, v.66, p.542-548, 2003.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.28, n.3, p.571-578, jul.-set, 2008.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C. da.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, Viçosa, v.8, n.3, p.278-283, mai/jun, 2011.

BRACKETT, R.E. Shelf stability and safety of fresh produce as influenced by sanitation and disinfection. **Journal of Food Protection**. v.55, p.808-814, 1999.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.25. n.1. Jaboticabal. Dez. p.38-41, 2003.

BRASIL. **Dados epidemiológicos – DTA, período de 2000 a 2012. Unidade Técnica de Doenças de Veiculação Hídrica e Alimentar-UHA**. Coordenação Geral de Doenças Transmissíveis- CGDT. Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS, 2011.

BRASIL. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. **Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade gerais para suco tropical**. Disponível em <<http://www.ivegetal.com.br/>>. Acesso em: 04 de abril de 2012.

BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; OLIVEIRA, A. L. de. Avaliação das alterações em polpa de manga ‘Tommy Atkins’ congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n3, p.651-653, 2002.

BUCK, J. W.; IERSEL, M. W.; OETTING, R. D.; HUNG, Y. C. In vitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. **PlantDisease**, v.86, p.278–281, 2002.

CARDELLO, Helena Maria A. B.; CARDELLO, Leonardo. Teor de vitamina c, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangífera indica* L.) var.haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.18 n.2 Campinas May/July 1998.

CAMPOS, F. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; SOUZA, P. M.; STRINGHETA, P. C.; CHAVES, J. B. P. Pró-vitaminas a em hortaliças comercializadas no mercado formal e informal de Viçosa (MG), em três estações do ano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.1, p.33-40, 2006.

CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; CASTRO, J. V. de; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueiras selecionadas pelo Instituto Agronômico de Campinas comparado a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v.26, n.2, p.264-271, 2004.

CHEUNG, L. M.; CHEUNG, P. C. K.; OOI, V. E. C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. **Food Chemistry**, Barking, v. 80, n.2, p. 249-255, 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

CLEVIDENCE, B.; PAETAU, I.; SMITH, J. C. Bioavailability of carotenoides from vegetables, **Hort Science**, n.35, p.585-588, 2000.

COHEN, G.; AGUIRRE, C.; VERA, B. F. Cultivos subtropicales palta y mango: producción y analisis de mercado. Buenos Aires: **INTA**, 2001. 38p.

CORTELAZZO, A. L.; VIDAL, B. C.; MELLO, M. L. S. Basic fuchsin and the Schiff-aldehyde reaction. I. Spectral absorption characteristics in solution. **Acta Histochem**, v.73, p.121-133, 1983.

COSTA, S. M. **Conservação frigorificada de pêssegos “Tropicbeauty” irradiados com e sem utilização de permanganato de potássio**. 2008, 58f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu -SP, 2008.

CRUZ, Josieli Ayres da.; HELBIG, Elizabete.**Teor e estabilidade da vitamina C em sucos de frutas in natura refrigerados**. 21º Congresso de Iniciação Científica, Universidade de pelotas. 2012. Disponível em <<http://www.google.com.br/>>. Acesso em: 20 de maio de 2013.

DANTAS, S. A. F.; OLIVEIRA, S. M. A.; MICHEREFF, S. J.; NASCIMENTO, L. C.; GURGEL, L. M. S.; PESSOA, W. R. L. S. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na central de abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, p.528-533, 2003.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Semi- Árido Cultivo da Mangueira- Cultivares, 2004.

FABRIZIO, K. A., CUTTER, C. N. Stability of electrolyzed oxidizing water and its efficacy against cell suspensions of *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes*. **Journal of Food Protection**, v.66, p.1379–1384. 2003.

FAO-Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Disponível em <www.google.gov.br>. Acesso em: 04 de abril de 2013.

FERREIRA, D. F. **Sistema SISVAR** para análises estatísticas: Manual de orientação. Lavras: Universidade Federal de Lavras/Departamento de Ciências Exatas, 2000. 37p.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, Davis, n.52, p.99-119, 2002.

HOPKINS, W.G.; HUNER, N.P.A. **Introduction to Plant Physiology**. 3ed. 2004.

HSU, S.Y. Effects of flow rate, temperature and salt concentration on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water. **Journal Food Engineering**, v.66, p.171–176, 2005.

HUANG, Y. R.; HUNG, Y. C.; HSU, S. Y.; HUANG, Y. W.; Hwang, D. F. Application of electrolyzed water in the food industry, **Food Control**, n.19, p. 329–345, 2008.

IBÁÑEZ, E.; LÓPEZ-SEBASTIÁN, S.; RAMOS, E.; TABERA, J.; REGLERO, G.; Analysis of volatile fruit components by headspace solid-phase micro extracion. **Food Chemistry**, v.63, p.281-286, 1998.

IBGE **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2011. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 04 de abril de 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas, métodos químicos e físicos de alimentos. 3.ed. São Paulo: **IAL**. v.1, 1985. 553p.

JAYAPRAKASHA, G. K.; PATIL, B. S. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. **Food Chemistry**, v.101, n.1, p.410-418, 2007.

JERONIMO, E. M.; BRUNINI, M. A.; ARRUDA, M. C. de.; CRUZ, J. C. S.; FISCHER, I. H.; GAVA, G. J. de C. Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p. 122-130, 2007.

JERÔNIMO, E. M.; KANESHIRO, M. A. B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.237-243, 2000.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. 3.ed. New York: Paul B. Hoeber, Inc. 1940. 790p.

JOHNSTON, J. W.; HEWETT, E. W.; HERTOOG, M. L. A. T. M. Postharvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: a review. **New Zealand of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v.30, p.145-160, 2002.

KADER, A. A. Fruits in the global market, In: KNEE, M. Fruit quality and its biological basis. Columbus: **Sheffield Academic**, p.1-14, 2002.

KARNOVISKY, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, [S.l.], v.27, p.137-138, 1965.

KEISERMAN, K.; TANAMI, Z.; SHOSEYOV, O.; GINZBERG, I. Differing rind characteristics of developing fruits of smooth and netted melons (*Cucumismelo*). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Kent, v.79, n.1, p.107-113, 2004.

KESKINEN, L. A.; BURKEA, A.; ANNOUS, B. A. Efficacy of chlorine, acidic electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide solutions to decontaminate *Escherichia coli* O157:H7 from lettuce leaves. **International Journal of Food Microbiology**, v.132, p.134-140, 2009.

KLIMCZAK, I.; MAŁECKA, M.; SZLACHTA, M.; GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n.3-4, p.313-322, 2007.

KOIDE, S.; SHITANDA, D.; NOTE, M.; CAO, W. Effects of mildly heatedslightly acidic electrolyzed water on the disinfection and physicochemical properties of sliced carrot.**Journal of Food Control**.v.22, p.452-456, 2011.

KOLATTUKUDY, P. E. Biopolyester membranes of plants: cutin and suberin. **Science**, London, v.208, p.90-1000, 1980.

KOSEKI, S., YOSHIDA, K., ISOBE, S., ITOH, K. Efficacy of acidic electrolyzed water for microbial decontamination of cucumbers and strawberries. **Journal of Food Protection**, v.67, p.1247-1251, 2004.

KURZWEIL, H., LINDER, H.P., STERN, W.L. & PRIDGEON, A.M. Comparative vegetative anatomy and classification of Disease (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.117, p.171-220, 1995.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.1390-1393, 1997.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v.148, p.349-382, 1987.

LUCENA, E. M. P. de.; ASSIS, J. S. de.; ALVES, R. E.; ENÉAS FILHO, J. Atividade das enzimas α - e β -galactosidases de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.1, p.65-74, 2011.

LUFFT, J. H. Ruthenium red and violet. I. Chemistry, purification, methods of use for electron microscopy and mechanism of action. **Anatomia. Rec.**, v.171, p.347-368, 1971.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V. H. V.; OLVEIRA, M. E.; CUNHA, M. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Tecnologia, produção, agroindústria e exportação da manga**. Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre – RS, 2001.

MAPA-MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - Instruções normativas, normas técnicas específicas e documentos de acompanhamento da produção integrada. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, dez., 2006. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 4 abr. 2013.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. de; ARAÚJO, C. R. de. Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. **Alimentação e Nutrição**. Araraquara, v.19, n.1, p.67-72, jan./mar. 2008.

MICCOLIS, V.; SALTVEIT, M. E. Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon (*Cucumis melo* L., Inodorus Group) cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v.5, n.3, p.211-219, 1995.

MORAES, L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; NUNES, J. L.; ALVES, R. E. Ponto de colheita ideal de mangas 'Tommy Atkins' destinadas ao mercado europeu. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal – SP, v.24, n. 3, p.671 – 675, dezembro, 2002.

NUNES, M.C.N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Physical and chemical characteristics of strawberries after storage are reduced by short delay to cooling. **Postharvest Biology and Technology**, v.6,p.17-28, 1995.

OKULL, D. O.; LABORDE, L. F. Activity of electrolyzed oxidizing water against *Penicillium expansum* on suspension and on wounded apples. **Journal of Food Science**, v.69, p.23–27, 2004.

OLAIMAT, A. N.; HOLLEY, R. A. Factors Influencing the Microbial Safety of Fresh Produce: A Review. **Food Microbiology**. v.32, p.1-19,2012.

OLIVEIRA, M.N.S.; GUSMAO, E.; LOPES, P.S.N.; SIMÕES, M.O.M.; RIBEIRO, L.M.; DIAS, B.A.S. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, 2006.

PAIVA, E.; LIMA, M.S.; PAIXÃO, J.A. Pectina: propriedade químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, v.10, 2009. 198 p.

PARA-Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos. Relatório de atividades de 2010.Brasília, 05 de dez de 2011. Disponível em <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 04 de abril de 2013.

PARK, H.; HUNG, Y. C.; CHUNG, D. Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. **International Journal of Food Microbiology**, v.91, p.13–18, 2004.

PAULL, R. E.; CHEN, C. C. Postharvest physiology, handling, and storage of *Pine apple*. In: Bartholomew, D. P.; Paull, R.; Rohrbach, K. G. (Eds.), *The Pine apple: Botany, Production and Uses*. **CABI Publishing**, Wallingford, p.253–279, 2003.

PAUL, V.; SRIVASTAVA. Role of surface morphology in determining the ripening behaviour of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.110, p.84-92, 2006.

PIMENTEL, C. R. M.; PEREIRA FILHO, J. E. **Demandas de pesquisas tecnológicas para a fruticultura Cearense**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 39 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 56).

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 106f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiza de Queiroz”, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Piracicaba. ESALQ, 2009.

REC-EU - COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) N° 540/2011 of 25 May 2011. Implementing Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council as regards the list of approved active substances. **Official Journal of the European Union**. Disponível em <<http://www.google.com.br>>. Acesso em: 4 abr. 2013.

REC-EU - REGULAMENTO DE EXECUÇÃO (UE) N° 705/2011. Da Comissão de 20 de Julho de 2011. **Jornal Oficial da União Europeia**. Disponível em <<http://www.google.com.br>>. Acesso em: 4 abr. 2013.

RE N° 3428 de 19/10/06 – **DOU** de 20/10/06. Disponível em <<http://www.google.com.br>>. Acesso em: 4 abr. 2013.

REC-EU 396/2005.COMMISSION REGULATION (EU) of 12 May 2011.. **Jornal Oficial da União Europeia**. Disponível em <<http://www.google.com.br>>. Acesso em: 4 abr. 2013.

REIS, K. C.; PEREIRA, J.; LIMA, L. C. O.; VON PINHO, R. G.; MORAIS, A. R. Aplicação de lactato de cálcio e ácido ascórbico na conservação de minimilho minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.2, p.338-345, 2005.

ROCHA, R. H. C. et al. Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga “Tommy Atkins”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.302-305, 2001.

ROSSI, C. S.; VASINGTON, F. D.; CARAFOLI, E. The effect of ruthenium red on the uptake and release of Ca^{2+} by mitochondria. **Biochem Biophys Res Commun**, v.50, p.846-852, 1973.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E. C.; BOROCHOV, A. Inhibition of ethylene induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. **Physiologia Plantarum**, v.94, p.229-232, 1995.

SCALLAN, E., GRIFFIN, P.M., ANGULO, F.J., TAUXE, R.V., HOEKSTRA, R.M. Foodborne illness acquired in the United States unspecified agents. **Emerg. Infect. Dis.** v.17, p.16-22, 2011.

SILVA, C. F. B.; MICHEREFF, S. J.; ALBUQUERQUE, H. S.; SILVA, J. A.; OLIVEIRA, S. M. A.; DANTAS, S. A. F. Epidemiologia de enfermidades fungicas de postcosecha en frutos de papaya. **Boletín Micológico**, Valparaíso, v.17, p.1-17, 2002.

SOUZA, L. M. de. **Algumas características físicas e químicas de mamões (*Carica Papaya* L.) dos grupos “Formosa” (Tainung 01) e “solo” (Golden), com e sem mancha fisiológica, colhidos em diferentes estádios de maturação.** 2004. 103p. Tese (Produção Vegetal) - Universidade Estadual Norte do Fluminense - UENF. Campos dos Goytacazes, 2004.

SOLIVA-FORTUNY R. C.; MARTIN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology** n.14, p.341-353, 2003.

STROHECKER, R., HENNING, H.M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

SUSLOW, T. **Postharvest chlorination: basic properties and key points for effective distribution.** University of California, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Tradução Eliane Romanato Santarém et al. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M.R.B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.34, p.52-59, 2000.

TOURNAS, V. H.; KATSOUZAS, E. Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. **International Journal of Food Microbiology**, v.105, n.1, p.11-17, 2005.

UT-ECA. **Electro Chemical Active water. ECA Water Treatment.** Disponível em: <http://www.ut-engineering.nl/?lang=english&page=216>. Acesso em: 03/12/2012.

UKUKU, D. O.; SAPERS, G. M. Effect of sanitizer treatments on *Salmonella stanley* attached to the surface of cantaloupe and cell transfer to fresh-cut tissues during cutting practices. **Journal of Food Protection**. v.64, p.1286–1291, 2001.

VIDAL, B. C. Acid glycosaminoglycans and endochondral ossification: microspectrophotometric evaluation and macromolecular orientation. **Cell Molecular Biology**, [S.l.], v.22, p.45-64, 1977.

VIDAL, B. C. Dichroism in collagen bundles stained with xylydine Ponceau 2R. **Annals of Histochmistry**, v.15, p.289-296, 1970.

VIDAL, B. C. Métodos em Biologia Celular. In: VIDAL, B. C.; MELLO, M. L. S. (Ed.). **Biologia Celular**. Rio de Janeiro. Atheneu, p.5-39, 1987.

VILAS BOAS, B. M.; NUNES, E. E.; FIORINI, F. V. A.; LIMA, L. C. de O.; VILAS BOAS, E. V. de B.; COELHO, A. H. R. Avaliação da qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.3, p.540-543, 2004.

YAMASHITA, F.; VEIGA, G. F.; BENASSI, M. de T.; ROBERTO, S. R. Morangos embalados com filme de Policloreto de Vinila (PVC). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, n.3, p.429-436, jul/set, 2006.

YANG, H.; SWEM, B. L.; LI, Y. The effect of pH on inactivation of pathogenic bacteria on fresh-cut lettuce by dipping treatment with electrolyzed water. **Journal of Food Science**, v.68, p.1013–1017, 2003.

YAUN, B. R.; SUMMER, S. S.; EIFERT, J. D.; MARCY, J. E. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. **International Journal of Food Microbiology**, v.90, n.1, p.1-8, 2004.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, Cambridge, v.57, n.2, p.504–514, 1954.