

**CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA E DE QUALIDADE NO  
AMADURECIMENTO DOS MAMÕES UENF/CALIMAN01 E  
TAINUNG01**

**LÍGIA RENATA ALMEIDA DA SILVA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO - UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
JANEIRO – 2014**

**CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA E DE QUALIDADE NO  
AMADURECIMENTO DOS MAMÕES UENF/CALIMAN01 E  
TAINUNG01**

**LÍGIA RENATA ALMEIDA DA SILVA**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Jurandi Gonçalves de Oliveira**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
JANEIRO – 2014**

CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA E DE QUALIDADE NO  
AMADURECIMENTO DOS MAMÕES UENF/CALIMAN01 E  
TAINUNG01

**LÍGIA RENATA ALMEIDA DA SILVA**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Aprovada em 30 de janeiro de 2014.

Comissão Examinadora:

---

Prof. Ricardo Alfredo Kluge (D.Sc., Fitotecnia) – ESALQ

---

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph.D., Melhoramento de Plantas) – UENF

---

Prof. Cláudio Luiz Melo de Souza (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

---

Prof. Jurandi Gonçalves de Oliveira (D.Sc., Biologia Vegetal) – UENF  
(Orientador)

A Deus, por ter-me dado todos os subsídios para esta conquista. Sem Ele, nada seria. Meu Pai amado, Mestre dos mestres. A Ele, toda a honra e toda a glória.

À minha amada mãe, Ivane Almeida da Silva, e minhas irmãs, Lídia Raquel e Maria Carolina, por todo o suporte emocional e psicológico. Por tudo que fizeram para que eu pudesse obter êxito nesta empreitada. Por todos os ensinamentos.

Ao meu amado namorado, Edilson Ramos Gomes, pelo amor, paciência e companheirismo nessa etapa da minha vida. Por me ajudar nas atividades acadêmicas e pelos momentos de amor.

## **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por tudo que tem me proporcionado de bom e por andar sempre de mãos dadas comigo.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA), pela oportunidade de realizar o curso, pela infraestrutura na qual pude me qualificar profissionalmente.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por conceder o incentivo da bolsa de estudo.

À Empresa Caliman, na pessoa do senhor Geraldo Ferregueti, por ceder os frutos para que eu pudesse realizar os testes e os experimentos.

À minha mãe, Ivane, minhas irmãs, Lídia e Carol e, ao meu amado namorado, Edilson, por sempre estarem vibrando e me incentivando, mesmo nos momentos difíceis.

Ao meu orientador, o Professor Dr. Jurandi Gonçalves de Oliveira, por dedicação, atenção e principalmente pela sua paciência. Pelos ensinamentos, que me acompanharão na vida profissional e pessoal.

Ao Professor Dr. Cláudio Luiz Melo de Souza, pela dedicação, carinho e atenção, ajudando-me nas análises estatísticas. Por sempre ter tido um tempo para me ajudar.

A toda equipe do Feijão-caupi, da Embrapa Meio-Norte, por todo o aprendizado. As amizades que fiz e pelos mestres com quem aprendi.

À 'prima' Gláucia Michelle Cosme Silva (Edneia), por me orientar, desde o início, nas atividades que foram executadas no laboratório. Por todos os dias estar comigo na labuta da extração das mitocôndrias. Ao 'primo' Willian Batista Silva (Clévys), por ser mais um que me guiou, fazendo com que eu me tornasse uma profissional mais qualificada. Os dois estiveram comigo ao logo desses dois anos, preparando-me profissionalmente. Pelas brincadeiras, as modas, tudo.

À Joviana Lerin, em quem depositei um respeito e uma amizade muito especial. Uma pessoa que se tornou muito importante na minha vida.

A Diederson Bortolini, o Diu, que vou levar pra sempre do lado esquerdo do peito.

A André Vicente e Ygor Gonçalves, por serem pessoas que me ajudaram e que tornaram meus dias mais agradáveis.

A Fábio Ribeiro, Anderson Souza, Marcos Góes, pelas dicas e por me orientarem profissionalmente quanto às questões de genética e de fisiologia vegetal.

Aos amigos, Verônica Silva, Erina Rodrigues, Gabriela Lima, Gerbeli Salgado, Cláudia Roberta, Cláudia Lougon, Cintia, Suzane Ariadne, Andréa Barros, Ingrid Gaspar, Andressa Generoso, pela descontração e momentos agradáveis que tornaram meus dias melhores.

A José Daniel, um excelente profissional, no qual me espelho, pela sua competência, educação e gentileza. Por me suportar todo esse tempo.

À Márcia e Sebastião, seguranças do Anexo do CCTA, que, em todas as vezes de que precisei, me ajudaram, me fizeram um bem danado.

Aos meus eternos amigos, Layany Moura, Rosiane Mendes, Emanuely Araújo, Andressa Vieira, Aureliano Carvalhêdo, Ferdinan Bezerra, por sempre, mesmo estando no Piauí, Maranhão e no Ceará, lembraram-se de mim e demonstraram uma amizade muito grande.

A todos que, diretamente e indiretamente, participaram desta conquista.

Deus os abençoe e obrigada por tudo.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA – Ácido ascórbico

$a_c$  – Coordenada de cromaticidade  $a$  da casca

ADP – Adenosina difosfato

$a_m$  – Coordenada de cromaticidade  $a$  do mesocarpo

ANOVA – Análise de variância

AOX – Alternativa oxidase

AT – Acidez titulável

ATP - Adenosina trifosfato

$b_c$  – Coordenada de cromaticidade  $b$  da casca

BHAM – Ácido benzohidroxâmico

$b_m$  – Coordenada de cromaticidade  $b$  do mesocarpo

BSA - Albumina de soro bovino

$C_c$  – Croma da casca

$C_m$  – Croma do mesocarpo

COX – Citocromo c oxidase

CTE – Cadeia transportadora de elétrons

CC – Coloração da casca

CCCP - Carbonil cianeto 3-clorofenilhidrazone

CCTA – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias

CM – Coloração do mesocarpo

CR – Controle respiratório

Cys - Cysteína  
DBC – Delineamento em blocos casualizados  
EDTA – Ácido tetracético etilenodiamina  
EROs – Espécies reativas de oxigênio  
F – Teste de fisher  
FF – Firmeza do fruto  
FM - Firmeza do mesocarpo  
H<sup>+</sup> - Prótons  
H – Ângulo *hue*  
Hc – Ângulo *hue* da casca  
Hm – Ângulo *hue* do mesocarpo  
KCN – Cianeto de potássio  
LA – Ácido linoleico  
L-ASA – Ácido L-ascórbico  
L<sub>c</sub> – Luminosidade da casca  
L<sub>m</sub> – Luminosidade do mesocarpo  
LMGV – Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal  
IC- Intervalo de Confiança  
1-MCP - 1-metilciclopropeno  
MOPS – Ácido 4-morfolinopropanesulfônico  
NADH - Nicotinamida adenina dinucleotídeo forma reduzida  
NADPH - Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato forma reduzida  
PM – Perda de massa  
PUMP - Proteína desacopladora de mitocôndrias de plantas  
PVP - Polivinilpirrolidona  
RT – Respiração total  
RAOX – Respiração da alternativa oxidase  
RCOX – Respiração da citocromo c oxidase  
SHAM – Ácido salicilhidroxâmico  
SS – Sólidos solúveis  
UC01 – UENF/Caliman01  
UcP – Proteína desacopladora  
UQ – Ubiquinona  
UR – Umidade Relativa

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Visualização das quatro perfurações no fruto de mamão intacto e com um corte transversal.....20
- Figura 2. Esquema das centrifugações para a purificação das mitocôndrias dos híbridos de mamão UC01 e Tainung01.....24
- Figura 3. Foto ilustrativa da evolução de cores da casca dos genótipos Tainung01 (A) e UENF/Caliman01 (B), nos 5 dias de avaliação.....27
- Figura 4. Índice de luminosidade da casca dos genótipos UENF/Caliman01 (UC01) e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* Regressão significativa, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ;  $n = 3$ ;  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança. ....27
- Figura 5. Índice de cromaticidade *a* da casca do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* Efeito de regressão significativo, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ;  $n = 3$ ;  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança. ....30
- Figura 6. Índice de cromaticidade *b* da casca do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* Efeito de regressão significativo, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ;  $n = 3$ ;  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança. ....31
- Figura 7. Índice croma (C) da casca do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* Efeito de regressão significativo, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ;  $n = 3$ ;  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança.....31
- Figura 8. Ângulo *hue* da casca do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* Efeito de regressão

significativo, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ; $n = 3$ ; $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança.....	32
Figura 9. Foto ilustrativa da evolução de cores do mesocarpo dos genótipos Tainung01 (A) e UENF/Caliman01 (B), nos 5 dias de avaliação.....	33
Figura 10. Índice croma do mesocarpo do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. ** significativo ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ , $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ). .....	39
Figura 11. Perda de massa (%) do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. ** significativo ( $p \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ , $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ). .....	39
Figura 12. Firmeza do fruto (N) do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. ** significativo pelo Teste F ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ , $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ). .....	43
Figura 13. Firmeza do Mesocarpo (N) do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. ** significativo pelo Teste F ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ , $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ). .....	43
Figura 14. Respiração total ( $\text{nmol O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ ) do mamoeiro híbrido UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. ** significativo pelo Teste F ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ , $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ). .....	49
Figura 15. Participação da alternativa oxidase (%) na respiração total das mitocôndrias isoladas da polpa do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01, em função do tempo após a colheita dos frutos. ** significativo ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ , $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ). .....	50
Figura 16. Participação da citocromo c oxidase (%) na respiração total das mitocôndrias isoladas da polpa do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. ** significativo ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ , $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ). .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias ( $\pm$ ic) para os parâmetros de cor da casca dos mamões híbridos, UENF/Caliman01 e Tainung01.....	28
Tabela 2. Equação de regressão para os parâmetros de cor da casca dos mamões híbridos, UENF/Caliman01 e Tainung01.....	29
Tabela 3. Médias ( $\pm$ ic) para os parâmetros de cor do mesocarpo dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos.....	37
Tabela 4. Equação de regressão para os parâmetros de cor do mesocarpo dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos.....	38
Tabela 5. Médias ( $\pm$ ic) para os atributos físicos e químicos dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos.....	40
Tabela 6. Equação de regressão para os atributos físicos e químicos dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos.....	41
Tabela 7. Equações de regressão para os parâmetros da atividade respiratória de mitocôndrias isoladas da polpa dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01, em função do tempo após a colheita dos frutos.....	52
Tabela 8. Equações de regressão para os parâmetros da atividade respiratória de mitocôndrias isoladas da polpa dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01, em função do tempo após a colheita dos frutos.....	53

Tabela 9. Correlação entre parâmetros relacionados à atividade respiratória em mitocôndrias isoladas, e atributos físicos e químicos associados à qualidade de mamões do genótipo UENF/Caliman01. ....	56
Tabela 10. Correlação entre parâmetros relacionados à atividade respiratória em mitocôndrias isoladas, e atributos físicos e químicos associados à qualidade de mamões do genótipo Tainung01. ....	56
Tabela 11. Correlação entre parâmetros relacionados à atividade respiratória em mitocôndrias isoladas, e atributos físicos e químicos associados à qualidade de mamões do genótipo UENF/Caliman01 e Tainung01.....	58
Tabela 12. Resumo da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros de cor da casca de frutos dos genótipos híbridos UENF/Caliman01 e Tainung01. ...	77
Tabela 13. Resumo da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros de cor do mesocarpo de frutos dos mamoeiros híbridos UENF/Caliman01 e Tainung01.....	77
Tabela 14. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis físicas e químicas de frutos de mamoeiros híbridos UENF/Caliman01 e Tainung01.....	77
Tabela 15. Resumo da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros da atividade respiratória de mitocôndrias isoladas da polpa de frutos de mamoeiros híbridos UENF/Caliman01 e Tainung01.....	78

## SUMÁRIO

RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo Geral .....	3
2.2 Objetivos Específicos .....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
3.1 Aspectos taxonômicos e morfológicos .....	5
3.2 Melhoramento do mamoeiro .....	5
3.3 Cultivares comerciais de mamão .....	7
3.3.1 Golden .....	8
3.3.2 Tainung 01 .....	8
3.3.3 UENF/Caliman01 .....	9
3.4 Aspectos econômicos .....	10
3.5 Fisiologia do desenvolvimento do mamão .....	10
3.5.1 Padrão Respiratório .....	12
3.5.2 Mitocôndria de plantas .....	13
3.5.3. Citocromo c Oxidase .....	14
3.5.4 Oxidase Alternativa .....	14
3.6 Atributos físicos e químicos de qualidade do mamão .....	15

4. MATERIAL E MÉTODOS .....	19
4.1 Material Vegetal .....	19
4.2 Avaliação dos atributos físicos e químicos .....	20
4.2.1 Coloração da casca e do mesocarpo .....	20
4.2.2 Firmeza do fruto e do mesocarpo .....	20
4.2.3 Perda de massa.....	21
4.2.4 Teor de sólidos solúveis .....	21
4.2.5 Teor de ácido ascórbico .....	21
4.2.6 Acidez titulável.....	22
4.2.7 Relação teor de sólidos solúveis e acidez titulável .....	22
4.3 Isolamentos das mitocôndrias .....	22
4.4 Atividade respiratória em mitocôndria isolada .....	24
4.5 Delineamento experimental e análise estatística .....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
5.1 Atributos Físicos .....	26
5.1.1 Coloração da Casca .....	26
5.1.2 Coloração do mesocarpo.....	33
5.1.3 Perda de massa.....	34
5.1.4 Firmeza do fruto e do mesocarpo .....	36
5.2 Atributos químicos .....	44
5.3 Atividade respiratória em mitocôndrias isoladas .....	48
5.4 Correlação de Pearson .....	55
6. CONCLUSÕES .....	59
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
APÊNDICE.....	76

## RESUMO

SILVA, Lígia Renata Almeida da; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Janeiro de 2014; Caracterização bioquímica e de qualidade no amadurecimento dos mamões UENF/CALIMAN01 e Tainung01 Orientador: Jurandi Gonçalves de Oliveira; Conselheiros: Messias Gonzaga Pereira e Vanildo Silveira.

O trabalho teve como objetivo avaliar e comparar a atividade respiratória em mitocôndrias isoladas e os atributos físicos e químicos da polpa dos mamões UENF/Caliman01 (UC01) e Tainung01 durante o amadurecimento dos frutos. O experimento foi conduzido na Unidade de Bioquímica e Fisiologia Pós-Colheita, no Setor de Fisiologia Vegetal (LMGV/CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), em Campos dos Goytacazes, RJ. O amadurecimento dos frutos foi caracterizado a partir de atributos físicos e químicos e da respiração. Dentre os atributos físicos de coloração, a luminosidade (*L*) e o croma (*C*) da casca e o *C* do mesocarpo diferiram significativamente entre os genótipos. Após a colheita, durante o amadurecimento dos frutos a *L*, as coordenadas de cromaticidade *a* e *b* e o *C* da casca aumentaram, enquanto o ângulo de cor *hue* diminuiu. Neste período, nenhum parâmetro de cor do mesocarpo variou significativamente. A perda de massa (PM) dos frutos diferiu entre os genótipos UC01 e Tainung01, sendo crescente após a colheita. A firmeza do fruto (FF) e a firmeza do mesocarpo (FM) diferiram entre os genótipos, diminuindo com o tempo após a colheita. Os teores de sólidos solúveis (SS) e de ácido ascórbico (AA) foram diferentes entre os genótipos, com variação

significativa após a colheita apenas no teor de AA do UC01. A acidez titulável (AT) assim como a razão SS/AT não diferiram entre os genótipos, nem mesmo em função do tempo após a colheita. Os resultados mostram também que a respiração total (RT), a respiração da alternativa oxidase (RAOX), a respiração da citocromo c oxidase (RCOX) e a participação da alternativa oxidase (AOX) diferiram entre os genótipos. Após a colheita dos frutos, a participação da citocromo c oxidase (COX) e da RCOX diminuiu e a da AOX aumentou significativamente. O nível de correlação entre os atributos físicos e químicos com os parâmetros da atividade respiratória foi bastante diferente entre o mamão UC01 e o Tainung01. No mamão UC01, observaram-se altas correlações da AOX e da COX com os atributos de cor da casca *L*, *b* e *C*, bem como com o teor de AA. Quando analisados em conjunto os dados dos dois genótipos, as correlações encontradas seguiram a mesma tendência da observada para o mamão Tainung01. Finalmente, os resultados mostraram que há diferenças significativas entre os dois genótipos no teor de SS e de AA, na PM, na FF, na FM e na atividade respiratória de mitocôndrias isoladas da polpa dos frutos. Pode-se perceber que, em alguns atributos de importância econômica, o UC01 é superior ao do Tainung 01. Os resultados apontam que a alta atividade da oxidase alternativa influencia em rápidas transformações bioquímicas que acarretam uma senescência precoce. A partir desses resultados, devem-se investigar as alternativas de minimizar a atuação dessa enzima nos frutos dos híbridos de mamão.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., citocromo c oxidase, firmeza da polpa, respiração, oxidase alternativa.

## ABSTRACT

SILVA, Lícia Renata Almeida da; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Janeiro de 2014; Biochemical and quality characterization quality in the ripening of papayas UENF/CALIMAN01 and Tainung01. Advisor: Jurandi Gonçalves de Oliveira; Co-advisors: Messias Gonzaga Pereira e Vanildo Silveira.

The study aimed to evaluate and compare the respiratory activity in isolated mitochondria and the physical and chemical attributes of the pulp of papayas UENF/Caliman01 (UC01) and Tainung01, during the ripening of fruits. The experiment was conducted at the Unity of Biochemistry and Physiology of Post-harvesting, at the department of Plant Physiology (LMGV/CCTA) of Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), in Campos dos Goytacazes, RJ. The ripening of fruits was characterized by the physical and chemical attributes of respiration. Within the physical attributes of coloring, the Luminosity (L) and Chroma (C) of peel and the C of mesocarp were significantly different among genotypes. After harvesting, during the ripening of fruits, L and the coordinates of chromaticity a, b and C of peel have increased while Hue angle has decreased. During this period, no color parameter of mesocarp has varied significantly. The mass loss (ML) of fruits differed between genotypes UC01 and Tainung01, increasing after harvesting. The fruit firmness (FF) and mesocarp firmness (MF) differed between genotypes, decreasing after harvesting. The Soluble Solids Content (SS) and ascorbic acid (AA) were different between genotypes. Only the AA content of UC01 has presented significant variation after harvesting. The titratable acidity (TA) as well as the ratio SS/AT has not differed

either between genotypes or as a time function after harvesting. The results have also shown that total respiration (TR), oxidase alternative respiration (OXAR), the Cytochrome C Oxidase Respiration (COXR) and the participation of alternative oxidase (AOX) have differed between genotypes. After harvesting of fruits, the participation of Cytochrome C Oxidase (COX) and COXR has decreased while the participation AOX has increased significantly. The correlation level between the physical and chemical attributes with the parameters of respiratory activity was quite different between the papayas UC01 and Tainung01. For UC01, it was observed high correlations of AOX and COX with the attributes for peel color L, b and C, as well as with AA content. When the data of both genotypes were analyzed, the correlations presented the same tendency that was observed for Tainung01. Finally, the results showed that there are significant differences between the two genotypes regarding to SS content, AA content, ML, FF, MF and the respiratory activity of isolated mitochondria from fruit pulp. It is noteworthy that for some attributes of economic importance, UC01 is superior to Tainung 01. The results indicate that the high activity of alternative oxidase influences fast biochemical transformations that lead to early senescence. Based on the present results, alternatives for minimizing the action of such enzyme in hybrid fruits of papaya must be investigated.

Keywords: *Carica papaya* L., cytochrome c oxidase, flesh firmness, respiration, alternative oxidase.

## 1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma das principais atividades socioeconômicas da agricultura brasileira, com destaque para a cultura do mamoeiro, cujo produto é uma das frutas mais consumidas no país. A produção de mamão no mundo representa 10% da produção mundial de frutas tropicais, estando em torno de 8 milhões de toneladas (IBRAF, 2012).

O Brasil apresenta uma produção anual de mamão que supera 1,9 milhões de toneladas em uma área de 36,5 mil hectares, com um valor da produção estimado em R\$ 1 bilhão. A espécie é cultivada em quase todo o território nacional, sendo a produção comercial concentrada, principalmente, na Bahia, no Espírito Santo e, mais recentemente, no Rio Grande do Norte (IBGE, 2012).

O mamão é caracterizado como um fruto climatérico por apresentar pico na respiração na fase de amadurecimento, o que contribui com a qualidade e a vida pós-colheita do fruto. Vários estudos têm sido realizados para ampliar o conhecimento dos processos bioquímicos envolvidos no desenvolvimento de frutos, com o objetivo de elucidar fatores passíveis de manipulação, controle ou interferência, e possibilitar modificações que permitam estender a vida útil destes frutos (Azevedo et al., 2008).

Os genótipos utilizados neste trabalho apresentam grande importância econômica. O Tainung01 é o híbrido mais comercializado (Costa e Pacova, 2003).

O UENF/Caliman01, popularmente chamado de Calimosa, é o primeiro híbrido brasileiro e é, comercialmente, o maior concorrente do Tainung01.

O Calimosa é mais saboroso e mais doce do que o Ttainung01 por apresentar aproximadamente 20% a mais de sólidos solúveis. Já foram contabilizados valores de sólidos solúveis de 13,65 °Brix e 11,5 °Brix, respectivamente, para o UENF/Caliman01 (Morais et al., 2007) e o Tainung01 (Sólón et al., 2005).

Um dos principais atributos de qualidade que influencia na vida útil pós-colheita do mamão é a firmeza. Nesse aspecto, o UC01 está em desvantagem por apresentar uma maior perda de firmeza do mesocarpo, com 13,45 N no oitavo dia após a colheita (Morais et al., 2007), enquanto o Tainung01 apresentou, no mesmo período, 30 N (Pereira et al., 2006).

A velocidade da atividade respiratória está relacionada diretamente à conservação dos frutos, ou seja, quanto maior a atividade respiratória do fruto, menor a sua vida útil. Pode-se afirmar que qualquer estratégia para retardar a senescência e, assim, a perda de qualidade do fruto para o consumo, deve atuar sobre a atividade respiratória do mesmo.

Alguns estudos têm associado as alterações na atividade respiratória à operação de rotas mitocondriais alternativas, como a respiração resistente ao cianeto, fato ocorrido pela atividade da oxidase alternativa (AOX) e a atuação da proteína desacopladora (UcP) em tubérculos de batata (Pinheiro et al., 2004), em maçã (Duque e Arrabaça, 1999) e em mamão (Oliveira, 2012).

Devido à espécie apresentar, em pós-colheita, uma elevada perecibilidade, o que atinge e influencia diretamente na comercialização, o presente trabalho objetiva identificar diferenças entre os híbridos de mamão, no que diz respeito à atividade respiratória do fruto que implica o rápido processo de senescência.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar e comparar a atividade respiratória em mitocôndrias isoladas e os atributos físicos e químicos da polpa dos mamões UENF/Caliman01 (UC01) e Tainung01 durante o amadurecimento dos frutos

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a atividade respiratória em mitocôndrias isoladas da polpa dos híbridos de mamão, Tainung01 e UC01, durante o amadurecimento dos frutos;
- Determinar a velocidade do consumo de oxigênio em mitocôndrias isoladas da polpa dos híbridos de mamão, Tainung01 e UC01;
- Investigar a atividade da AOX e da citocromo c oxidase (COX) na polpa dos frutos dos híbridos de mamão, Tainung01 e UC01;
- Investigar o nível de participação da AOX e da COX na atividade respiratória da polpa dos frutos dos híbridos de mamão, Tainung01 e UC01;
- Avaliar os atributos físicos e químicos dos híbridos de mamão, Tainung01 e UC01, durante o amadurecimento dos frutos;
- Comparar a atividade respiratória e os atributos físicos e químicos entre os híbridos de mamão, Tainung01 e UC01;

- Avaliar o nível de correlação entre os parâmetros da atividade respiratória em mitocôndrias isoladas e os atributos físicos e químicos dos híbridos de mamão, Tainung01 e UC01, durante o amadurecimento dos frutos.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Aspectos taxonômicos e morfológicos

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma espécie diploide ( $2n=18$ ) e insere-se na classe Magnoliopsida, subclasse Archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricineae, família Caricaceae e gênero *Carica*. Estima-se que o seu centro de origem seja o Noroeste da América do Sul, na vertente oriental dos Andes, mais precisamente, a Bacia Amazônica Superior. Nesta região, a diversidade genética é máxima, o que caracteriza o mamoeiro como uma planta tipicamente tropical (Dantas et al., 2002).

A espécie *C. papaya* L. apresenta plantas do tipo dioica, monoica ou hermafrodita, com rápido crescimento, porte geralmente de 3,0 a 8,0 m de altura e caule com 0,20 m de diâmetro, aproximadamente. O fruto pode ser ovoide, esférico ou periforme, com polpa amarela, alaranjada ou avermelhada (Martins e Costa, 2003). Segundo Costa e Pacova (2003), os frutos podem ser classificados em dois grupos diferentes, Solo ou Formosa, conforme o tamanho e a origem.

#### 3.2 Melhoramento do mamoeiro

Segundo Ruggiero et al. (2011), um ponto catalisador na cultura do mamão se deu entre 1972/1973, quando o Brasil importou as primeiras sementes da variedade 'Sunrise Solo', provenientes do Havaí-EUA. A cultivar foi introduzida

no Nordeste do Pará, onde apresentou elevada estabilidade e adaptabilidade às condições da região, quente e úmido. O 'Sunrise Solo' apresentou uma aceitação no comércio nacional e internacional.

Nesse mesmo período, iniciaram-se, também, as importações de sementes híbridas dos mamoeiros do grupo 'Formosa', oriundas de Taiwan, de onde são até hoje importadas (Serrano e Cattaneo, 2010).

O melhoramento genético do mamoeiro, no Brasil, tem início a partir de 1982 com genótipos do grupo Solo, buscando atender tanto à demanda nacional quanto à internacional por frutos de qualidade. Desde então, foram introduzidas, no mercado nacional, variedades comerciais, a partir do trabalho de entidades públicas e privadas envolvidas no segmento do agronegócio do mamoeiro (Ruggiero et al., 2011).

Alta variação fenotípica para características morfológicas e agronômicas, como tamanho e forma dos frutos, cor, sabor e doçura da polpa, duração do período juvenil, altura da planta e número de frutos carpeloides, tem sido relatada na literatura (Ocampo et al., 2006). O conhecimento sobre a natureza e intensidade das variações de origem genética e ambiental é indispensável para que as ações de melhoramento sejam realizadas de forma eficiente. A melhoria de determinadas características agronômicas depende do conhecimento básico sobre a herança dos caracteres, a variabilidade genética disponível para o melhoramento e as estimativas dos parâmetros genéticos.

De forma geral, o objetivo básico dos melhoristas de mamoeiro é desenvolver variedades mais produtivas. Com o avanço dos trabalhos na área, porém, tem-se procurado desenvolver plantas com características agronômicas desejáveis e resistentes às pragas e doenças.

O melhoramento genético pode contribuir para aumentar a variabilidade genética dos cultivos de mamoeiro, por meio do desenvolvimento de novos genótipos com resistência às principais pragas, com atributos agronômicos e de qualidade de frutos que atendam às exigências do consumidor (Oliveira et al., 2010c).

A melhoria de determinadas características agronômicas depende do conhecimento básico sobre seu modo de herança, sobre a variabilidade genética disponível para o melhoramento, bem como das estimativas dos parâmetros

genéticos. Estas informações indicam as melhores estratégias de seleção para maximização dos ganhos genéticos (Silva et al., 2008).

Uma das primeiras etapas de um programa de melhoramento é definir os objetivos a curto, médio e longo prazos (Borém, 1997). O melhoramento genético do mamoeiro, em diversas partes do mundo, está voltado basicamente para a obtenção de cultivares endógamas com características específicas, visando atender às demandas dos consumidores.

O maior Banco de Germoplasma de mamoeiro no Brasil encontra-se na Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia contando atualmente com mais de 241 acessos, sendo 224 da espécie *C. papaya* L.; três de *C. quercifolia*; dez de *Jacaratia spinosa*; dois de *C. cauliflora*; e dois de *C. monoica*.

Os bancos de germoplasma assumem importância fundamental, particularmente no que se refere à variabilidade genética necessária para subsidiar o melhoramento de plantas na obtenção de genótipos superiores com distintas constituições gênicas. As espécies silvestres, as variedades locais e as cultivares obsoletas podem fornecer genes que conferem maior adaptação a estresses ambientais, bem como resistência a inúmeras pragas e doenças (Gepts, 2006; Gonçalves et al., 2008).

### **3.3 Cultivares comerciais de mamão**

O mercado brasileiro comercializa, em grande escala, as variedades que pertencem ao grupo Solo, também conhecidos como mamão “Havaí” ou “Papaya”. Desse grupo, sobressaem-se as cultivares “Sunrise Solo” e “Golden”, enquanto, entre os híbridos do grupo Formosa, o destaque é a cultivar “Tainung 01”. Essas cultivares são provenientes do Havaí (EUA) e China, sendo introduzidas no Brasil no início da década de 1970. Em 2002, foi lançado o primeiro híbrido brasileiro obtido por meio de um progenitor do grupo Solo e um do grupo Formosa, chamado de UENF/Caliman01, popularmente denominado por “Calimosa” (Martins e Costa, 2003).

Genótipos do grupo Solo apresentam frutos que atendem a uma preferência para exportação, pelas características de polpa atraente (avermelhada) e tamanho pequeno, com peso entre 300 e 650 g. Os do grupo

Formosa têm polpa laranja-avermelhada e tamanho médio (1.000 a 1.300 g), e são formados em sua maioria por híbridos comerciais, mas também podem ser constituídos por linhagens.

As principais cultivares do grupo Formosa são híbridos importados que produzem frutos de maior tamanho (acima de 1,0 kg) que são destinados, principalmente, ao mercado interno. Os Municípios de Pinheiros (ES), Prado (BA) e Porto Seguro (BA) são os maiores produtores nacionais de mamão do grupo Formosa, produzindo principalmente o híbrido 'Tainung 01'.

Segundo Fabi et al. (2010), o mamão apresenta polpa delicada e saborosa, cujas características, tanto químicas (textura, cor e aroma), sensoriais (bom equilíbrio entre ácidos orgânicos e açúcares) e digestivas o tornam um alimento apropriado e saudável para pessoas de todas as idades.

### **3.3.1 Golden**

Pertencente ao grupo Solo, a cultivar Golden se originou pela mutação natural ocorrida em lavoura comercial da variedade 'Sunrise Solo' nos anos 90. O 'Golden' apresenta características bem distintas da cultivar original, são frutos mais claros, com menor ocorrência de manchas fisiológicas na casca, sabor não tão adocicado, polpa de coloração avermelhada e indícios de vida pós-colheita superior (Molinari, 2007).

### **3.3.2 Tainung 01**

O híbrido 'Tainung 01', do grupo Formosa, é um dos genótipos amplamente explorado no Brasil, totalizando 40% da área plantada no Estado do Espírito Santo (Ferreira et al., 2011).

Este genótipo apresenta frutos com peso aproximadamente de 1,5 kg, com polpa avermelhada. É resultado do cruzamento entre o mamão "Sunrise solo" e um mamão da Costa Rica. A coloração dos frutos é verde-clara, com formato alongado, apresenta polpa firme com cheiro forte e, conseqüentemente, boa durabilidade ao transporte. A produtividade é de 50 a 60 t ha<sup>-1</sup> ano (Ferreira, 2010).

Dentre os aspectos que desfavorecem o genótipo, o que mais se destaca, nos trabalhos voltados à qualidade desse fruto, é uma grande perda de massa. Tal fator independe do tipo de embalagem e temperatura na qual é armazenado, apesar de as injúrias e as temperaturas extremas, certamente, influenciem em resultados mais altos, uma vez que tanto a taxa respiratória quanto a perda de massa são influenciadas pelas injúrias ocasionadas aos frutos (Santos, 2006).

Pode-se verificar que o mamão Tainung01 apresenta uma grande facilidade em perder as características que são de importância comercial, a saber, a perda de massa, a firmeza do fruto e da polpa e aparência externa.

Trabalhos com esse genótipo estão sendo realizados com o intuito de melhorar tais características, fazendo com que aumente a sua vida de prateleira e os frutos atendam às exigências do consumidor.

### **3.3.3 UENF/Caliman01**

O UENF/Caliman01 é um híbrido obtido do cruzamento entre um progenitor do Grupo 'Formosa' e outro do Grupo 'Solo'. O híbrido apresenta características fenotípicas do Grupo 'Formosa', com frutos alongados, em plantas hermafroditas, com peso médio de 1,0 kg. O fruto apresenta polpa firme, vermelha e com teor de sólidos solúveis em média 20% superior ao do Tainung01, apresentando sabor e aroma bastante agradáveis (Ferreira, 2010).

Pesquisas com esse híbrido afirmam que ele apresenta uma alta atividade respiratória, visto que amadurece em pouco tempo. Isso é comprovado pelo rápido avanço da coloração amarela da casca e a aparência externa do mamão, comprometida pelo aparecimento de enrugamento devido à elevada perda de massa (Morais et al., 2007).

Popularmente conhecido como Calimosa, o UENF/Caliman01 apresenta características sensoriais que agradam ao paladar do consumidor, embora o seu tempo de prateleira seja relativamente curto.

Os híbridos, Tainung01 e UCO1, têm um tempo de prateleira curto, o que tem despertado o interesse dos pesquisadores das áreas da fisiologia vegetal e da genética e melhoramento de plantas em relação ao desempenho e atuação desses materiais diante dos parâmetros de interesse comercial, buscando reconhecer as atividades fisiológicas que limitam a vida útil desses mamões.

### **3.4 Aspectos econômicos**

Dentre as mais importantes frutas tropicais atualmente cultivadas no país e no mundo, o mamão ocupa um lugar de destaque (IBGE, 2012). O mercado produtor de frutas nacional tem-se mostrado dinâmico. Há tempos, o país deixou de produzir frutas apenas para atender ao mercado nacional, transformando-se, além do maior produtor, também no segundo maior exportador mundial. Devido à boa aceitabilidade do mamão no mercado consumidor e ao grande aproveitamento dos frutos, a cultura vem-se expandindo com perspectivas favoráveis (Mendonça et al., 2006).

Assim, verificou-se, a partir do início da década de 90, um crescente aumento nas exportações brasileiras de mamão, culminando, em 2008, com um volume de cerca de 30 mil toneladas, gerando uma receita de US\$ 38,6 milhões. Os produtores brasileiros de mamão passaram a produzir frutos de alta qualidade tanto no que se refere às variedades de mamão pertencentes ao grupo Solo quanto para as cultivares do grupo Formosa, sendo que estas últimas são oriundas de sementes híbridas importadas (Serrano e Cattaneo, 2010).

O Brasil apresenta expressiva participação na produção mundial de 1.854.343 t de mamão, em 2011 (IBGE, 2012). O mamão é cultivado na maior parte do território brasileiro, porém, os estados com maiores volumes de produção são Bahia, com 928.000 t, responsável por 50,04% da produção nacional; Espírito Santo, com 560.000 t, representando 30,19 % do total produzido; seguido pelo Ceará com 112.000 t com rendimento médio de 43,10 t ha<sup>-1</sup> e Rio Grande do Norte com 69.410 t de mamão e rendimento médio de 34,86 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2012).

### **3.5 Fisiologia do desenvolvimento do mamão**

Durante o seu desenvolvimento, o fruto passa por quatro etapas com características bem definidas. O crescimento, marcado por sucessivas divisões celulares e alongamento celular, seguido pela maturação, caracterizada por mudanças bioquímicas e estruturais dos frutos. O amadurecimento, quando acontecem processos marcados por mudanças físicas e químicas que afetam a qualidade sensorial do fruto e, finalmente, a senescência, processo que ocorre

após o amadurecimento e que, por ser predominantemente marcado por processos degradativos, resulta na morte dos tecidos (Balbino e Costa, 2003).

O amadurecimento é uma fase do desenvolvimento dos frutos, iniciada por alterações no equilíbrio hormonal que levam à programação das células para responder mediante mudanças em vários processos metabólicos. O etileno é o principal hormônio envolvido no amadurecimento dos frutos. Os processos relacionados às mudanças na textura da polpa, na coloração da polpa e da casca, no aumento no teor dos sólidos solúveis e na taxa respiratória são algumas das transformações mais marcantes que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos, que se iniciam a partir da ação do etileno (Krongyut et al., 2011). Iniciada a fase de amadurecimento, tais transformações ocorrem muito rapidamente, fazendo com que o fruto atinja a máxima qualidade para o consumo, seguindo-se a fase de senescência, que culminará na completa decomposição do fruto.

No mamão, como na maioria dos frutos, o amadurecimento é marcado por modificações texturais, associadas ao metabolismo de carboidratos da parede celular, que culminam com a redução na firmeza da polpa do fruto. As substâncias pécticas constituem uma classe de polissacarídeos estruturais da parede celular que sofrem as mais marcantes modificações durante o amadurecimento dos frutos (Pinto et al., 2011).

O amadurecimento inicia-se, em geral, antes que o crescimento termine e inclui diferentes alterações na composição, que variam de acordo com o tipo de fruto. Esse emerge de um estágio incompleto, atingindo o crescimento pleno e máxima qualidade comestível. Grande parte do processo ocorre com o fruto ainda não colhido.

O amadurecimento corresponde, basicamente, às mudanças nos fatores sensoriais: sabor, odor, cor e textura, que tornam o fruto aceitável para o consumo.

Algumas dessas mudanças podem ser detectadas por análise ou observação visual das transformações físicas ou químicas, a saber, mudanças nos teores de pigmentos, ácidos orgânicos, taninos, carboidratos, pectinas e outras. Essas transformações parecem estar sincronizadas e encontram-se, provavelmente, sob controle genético. Essa afirmativa se apoia no fato de que o intervalo entre a antese e o amadurecimento, em condições climáticas similares, é relativamente constante, para um determinado fruto (Salunkhe e Desai, 1984).

Costa e Balbino (2002) afirmam que, sob condições ambientais, o mamão finaliza o seu amadurecimento em uma semana aproximadamente, porém, neste período, pode-se reduzir o processo, por meio de diversos fatores de pré e pós-colheita. Dentre os fatores de pré-colheita, é possível citar os cuidados com as práticas culturais (pH do solo, plantio, espaçamento, irrigação, controle de plantas daninhas, adubação, fertirrigação, poda, controle fitossanitário).

Os fatores de pós-colheita incluem: transporte e manuseio no galpão de embalagem, pré-resfriamento e armazenamento (Senhor et al., 2009). Esses fatores podem manifestar-se nos frutos isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas e/ou qualitativas nas diferentes fases da comercialização (Costa e Balbino, 2002).

### **3.5.1 Padrão Respiratório**

A respiração é o processo biológico pelo qual os compostos orgânicos reduzidos são metabolizados e, subsequentemente, oxidados de maneira controlada. Durante a respiração, a energia livre é liberada e transitoriamente armazenada na forma de adenosina trifosfato (ATP), o qual pode ser prontamente utilizado para a manutenção e o desenvolvimento da planta (Taiz e Zeiger, 2010).

Cada espécie apresenta uma taxa respiratória específica e esta atividade pode variar entre as cultivares, dentro de uma mesma espécie (Maia, 2009). A atividade respiratória dos frutos também é influenciada por fatores, como por exemplo, a relação entre a área superficial e o volume, a temperatura de armazenamento, a concentração de oxigênio e o acúmulo de etileno atmosférico, além de danos mecânicos entre outros.

Chaves e Melo-Faria (2006) afirmam que, de acordo com a presença ou ausência da produção autocatalítica de etileno, durante o processo de maturação, os frutos, geralmente, podem ser classificados em não climatérico ou climatérico. Os frutos não climatéricos não apresentam grandes mudanças no padrão respiratório, enquanto os frutos climatéricos apresentam um aumento rápido e acentuado na atividade respiratória (Alexander e Grierson, 2002), resultando em intensas transformações do seu desenvolvimento, durante o amadurecimento.

O mamão é classificado como um fruto climatérico por apresentar um aumento acentuado na atividade respiratória e na produção de etileno,

consequentemente, tem uma vida útil muito curta após a ocorrência do climatério respiratório (Bapat et al., 2010).

### **3.5.2 Mitocôndria de plantas**

Mitocôndrias são organelas extremamente dinâmicas movendo-se ao longo do citoesqueleto e exercendo importantes funções na adaptação aos requerimentos energéticos, na divisão e na fusão celular, além do seu papel na transmissão de herança genética às células filhas (Westermann et al., 2002). São as responsáveis pela respiração celular (fosforilação oxidativa) e manutenção da vida dos seres aeróbicos (Silva e Ferrari, 2011).

Esta organela também é responsável pela maior parte da produção endógena de espécies reativas de oxigênio, como os biometabólitos, sendo considerada a reguladora central da apoptose celular (Copeland, 2002).

As mitocôndrias apresentam duas membranas fosfolipídicas, uma externa, lisa, e outra interna que se dobra formando vilosidades, conhecidas como cristas. A região limitada pela membrana mitocondrial externa e interna é chamada de espaço intermembranar, cuja concentração em metabólitos e íons é semelhante à do citosol, devido à permeabilidade da membrana mitocondrial externa. Já na região delimitada pela membrana mitocondrial interna, conhecida como matriz mitocondrial, estão localizadas as enzimas responsáveis pelo metabolismo oxidativo, bem como os substratos, cofatores, nucleotídeos, íons inorgânicos e as estruturas relacionadas à genética mitocondrial (DNA, RNA e ribossomos).

As mitocôndrias, tanto de animais quanto de vegetais, possuem, na membrana interna, a cadeia transportadora de elétrons (CTE), bombeadora de prótons e produtora de ATP. As mitocôndrias são responsáveis também por um fluxo elevado de precursores metabólicos, a partir do ciclo dos ácidos tricarbóxicos (Millar et al., 2007). A CTE das mitocôndrias de vegetais possuem além da NADH-ubiquinona (UQ) e oxidoreductase (complexo I), quatro NAD(P)H desidrogenases (NAD(P)H-DH) não bombeadoras de prótons, também, insensíveis à rotenona. Na membrana mitocondrial interna, estão também presentes a oxidase alternativa (AOX), insensível ao cianeto e à proteína

desacopladora (UcP), que transporta prótons de volta à matriz mitocondrial, sem a produção de ATP (Moller, 2001).

### **3.5.3. Citocromo c Oxidase**

O citocromo c oxidase é a enzima terminal na cadeia de transferência de elétrons em eucariotos e em muitas bactérias. Ele participa do transporte final de elétrons, ao aceitar elétrons da citocromo c, reduzindo o oxigênio à água (Ferguson-Miller, 1996).

A energia acumulada pelo transporte de elétrons é utilizada para translocar prótons através da membrana, gerando uma diferença de potencial elétrico de membrana e um gradiente de pH (Wikstrom, 1977).

Essa proteína tem uma importância na atividade respiratória por oxidar a ubiquinona, impedindo a formação de espécies reativas de oxigênio, com influência nas transformações bioquímicas do fruto de mamão.

### **3.5.4 Oxidase Alternativa**

A AOX é uma enzima presente apenas na mitocôndria de alguns fungos e plantas, sendo uma via respiratória alternativa resistente ao cianeto (Joseph-Horne et al., 2001). Essa enzima é ativada por estresse extracelular e tem um papel importante na adaptação de fungos a diferentes tipos de estresses, como o aumento de temperatura. A AOX catalisa a oxidação do ubiquinol e a redução do oxigênio a água, com menor bombeamento de prótons e, conseqüentemente, menor geração do gradiente eletroquímico de prótons.

A AOX é uma enzima oxidase terminal, que recebe os elétrons da ubiquinona sem a transferência para a citocromo c oxidase (COX – complexo IV). Esta é inibida por agentes complexantes de ferro, os ácidos hidroxâmicos, como o ácido salicilhidroxâmico (SHAM) e o ácido benzohidroxâmico (BHAM), e o tiocianato de potássio, sendo estimulada por ácidos orgânicos, como o piruvato (Millar et al., 1996). Essa enzima, semelhante ao citocromo c oxidase, reduz o oxigênio a água a partir da transferência de dois elétrons.

A atividade da AOX pode ocorrer na presença dos inibidores convencionais da cadeia respiratória, nomeadamente do complexo III e IV, como

a antimicina A ou o íon cianeto, respectivamente, daí a sua terminologia cianeto-resistente (Helmerhorst et al., 2002). De acordo com Vanlerberghe et al. (2002), a AOX tem uma função metabólica e antioxidante.

A AOX é expressa constitutivamente e o gene que a codifica possui regiões que são conservadas, sugerindo que essa via alternativa é uma rota importante no metabolismo das plantas (Vanlerberghe e McIntosh, 1997).

A participação da AOX tem sido abordada na literatura, como no amadurecimento de abacate (Solomos, 1977); na proteção contra o estresse oxidativo mitocondrial em tubérculos de batata, armazenados à baixa temperatura (Pinheiro et al., 2004); em banana (Kumar et al., 1992); em manga (Cruz-Hernández e Gómez-Lim, 1995); e no armazenamento de maçã (Duque e Arrabaça, 1999).

A atividade da AOX em mitocôndrias isoladas de tubérculos de batata, armazenados em baixas temperaturas por mais de 5 dias, foi bastante alta (Pinheiro et al., 2004). Este mesmo efeito foi obtido em frutos de maçã que, quando armazenados a 4°C, apresentaram uma respiração elevada dos frutos e ativação da AOX, causado pelo frio (Duque e Arrabaça, 1999).

Assim como a COX, a AOX tem uma relevância na conservação dos frutos. Essa proteína, em sua plena atividade, acelera a respiração do fruto, resultando em uma rápida senescência. A estratégia é desenvolver mecanismos que diminuam a sua atividade. Essa enzima aumenta sua participação quando o fruto é submetido a um estresse em que apenas a COX não consegue reduzir totalmente a ubiquinona, devido ao excesso de elétrons, quando a AOX atua impedindo a formação de elétrons desemparelhados, conseqüentemente, a formação de EROS.

### **3.6 Atributos físicos e químicos de qualidade do mamão**

O mamão, por ser um fruto climatérico, apresenta características, tais como, aumento da taxa respiratória, produção autocatalítica de etileno e alterações sensoriais substanciais durante o seu amadurecimento, tais como, cor, sabor, amaciamento e produção de compostos voláteis aromáticos (Pereira et al., 2006).

Na avaliação da qualidade do fruto, segundo Fagundes e Yamanishi (2001), pode-se utilizar alguns atributos físicos, como cor e firmeza; e químicos, como teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), razão SS/AT e teor de ácido ascórbico. Estas variáveis, em geral, são fortemente influenciadas por fatores: condições edafoclimáticas, cultivar, época e local de colheita, tratos culturais e manuseio na colheita e pós-colheita.

Segundo Guimarães e Andrade (2008), a qualidade é definida como uma característica multidimensional do alimento, uma combinação de atributos microbiológicos, nutricionais e sensoriais.

### **Perda de Massa**

A perda de água subsequente por transpiração determinará, em grande parte, as perdas quantitativas e qualitativas dos produtos (Azevedo et al., 2011).

A respiração causa redução de massa, visto que os átomos de carbono são perdidos do fruto toda vez em que uma molécula de CO<sub>2</sub> é produzida e perdida para a atmosfera (Bhowmik e Pan, 1992).

A perda de água dos produtos perecíveis armazenados não só reflete na perda de massa (fresca e/ou seca), mas também de qualidade, principalmente pelas transformações que ocorrem na textura. Uma determinada quantidade de perda de água pode ser relevada, mas aquela em que resulta em murchamento ou enrugamento deve ser evitada.

### **Cor**

Existem vários métodos que podem ser usados para determinar a maturidade, sendo um dos principais, a coloração da casca. A determinação da coloração dos frutos por colorímetro analisa as diferenças de cor da casca que aproxima espectralmente do padrão observado pelos olhos, com a vantagem de ser tridimensional, excluindo avaliações de cada observador (Álvares, 2003).

A cor verde intensa inicial muda gradualmente, perdendo a intensidade e passando para o verde claro e até o amarelo, no caso do mamão. Essa perda de coloração é utilizada como guia e/ou critério de maturidade.

## **Firmeza**

A firmeza, um dos mais importantes componentes do atributo textura (Villarreal-Alba et al., 2004), é dada pela presença de substâncias pécticas que compõem as paredes celulares dos vegetais responsáveis pelas forças de coesão entre as pectinas (Kluge e Jacomino, 2002).

De acordo com Kluge et al. (2002), a pectina é um polissacarídeo, que corresponde a uma cadeia do ácido poligalacturônico com grau variável de esterificação e metilação e que, em conjunto com a celulose, hemicelulose e cálcio, resulta em um material estrutural das paredes celulares dos vegetais, encontrada com maior frequência na lamela média. A combinação destes compostos forma a protopectina, que é hidrofóbica.

Vila (2004) relata que o processo de perda da firmeza é importante na pós-colheita, em função da diferença de pressão de vapor existente entre os tecidos do fruto e a atmosfera local de armazenamento.

## **Teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT**

O teor de SS, expresso em °Brix, inclui tanto os açúcares solúveis, os aminoácidos, as vitaminas, como os ácidos orgânicos, que tem influência sobre o rendimento industrial (Giordano et al., 2000).

A AT no mamão é representada pelo teor de ácido cítrico, uma vez que, é esse o ácido orgânico predominante na polpa do fruto, o que influencia, principalmente, no sabor dos frutos (Giordano et al., 2000). As frutas tropicais, em geral, apresentam uma acidez elevada, com pH variando entre 2,0, para cajá, até 5,59, para mamão (Maia, 2007).

Segundo Moreira (2004), a relação entre o teor de SS e a AT oferece um indicativo mais fidedigno do sabor do fruto, pois relaciona a quantidade de açúcares ao teor dos ácidos orgânicos. Desta forma, todos os fatores, ambientais ou fisiológicos, que interferem no metabolismo dos açúcares e dos ácidos estarão interferindo no sabor do fruto e conseqüentemente na relação SS/AT (Moreira, 2004).

## **Teor de Ácido Ascórbico**

A produção de ácido L-ascórbico (L-ASA) e seus papéis celulares têm avançado consideravelmente ao longo da última década (Ishikawa et al., 2006; Walker et al., 2009) quanto a sua acumulação em frutos (Davies et al., 2009; Cruz-Rus et al., 2011).

De acordo com Lee e Kader (2000), a concentração de ácido ascórbico presente no mamão tem a possibilidade de aumentar no decorrer do amadurecimento, porém, apresenta elevados teores quando destacado da planta, diminuindo com a senescência dos frutos (Oliveira et al., 2010b). Associa-se esse aumento de ácido ascórbico, segundo Ribeiro et al. (2005), à síntese de intermediários metabólicos, como exemplo, a degradação de polissacarídeos na parede celular que resulta no aumento da concentração de galactose, um dos precursores do ácido ascórbico.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material Vegetal

O experimento foi conduzido na Unidade de Bioquímica e Fisiologia Pós-Colheita do Setor de Fisiologia Vegetal (LMGV/CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) em Campos dos Goytacazes, RJ.

O material vegetal foi constituído de dois híbridos de mamão, do grupo Formosa, Tainung01 e UC01, procedentes do pomar comercial da empresa Caliman Agrícola S/A, localizado em 19°15'S e 39°51'70" W, na cidade de Linhares – ES.

Os frutos colhidos, após lavagem e seleção, foram transportados para a UENF, onde foram armazenados com controle de temperatura ( $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa ( $85\% \pm 5\%$ ). Os frutos foram amostrados periodicamente, com três repetições, avaliando-se o período de amadurecimento. A evolução do amadurecimento dos frutos foi caracterizada pela análise dos atributos físicos e químicos: luminosidade da casca e do mesocarpo ( $L_c$  e  $L_M$ ), coordenadas de cromaticidade  $a$  e  $b$  da casca e do mesocarpo ( $a_c$  e  $b_c$  e  $a_M$  e  $b_M$ ), croma da casca e do mesocarpo ( $C_c$  e  $C_M$ ), ângulo de cor *hue* da casca e do mesocarpo ( $H_c$  e  $H_M$ ), firmeza do fruto (FF), firmeza do mesocarpo (FM), perda de massa (PM), teor de sólidos solúveis (SS), teor de ácido ascórbico (AA), acidez titulável (AT), razão SS/AT (*ratio*) e parâmetros relacionados à atividade respiratória, como: integridade de membrana (IM), controle respiratório (CR), respiração total (RT),

participação da alternativa oxidase (AOX), participação da citocromo c oxidase (COX), taxa respiratória da alternativa oxidase (RAOX), taxa respiratória da citocromo c oxidase (RCOX), conforme descrição a seguir.

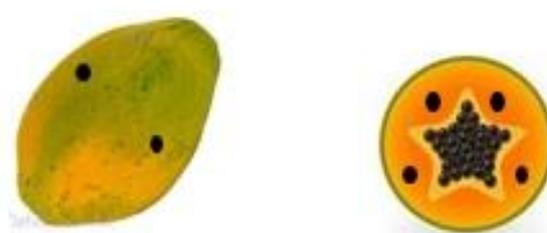
## 4.2 Avaliação dos atributos físicos e químicos

### 4.2.1 Coloração da casca e do mesocarpo

As medições da coloração da casca e do mesocarpo dos frutos foram realizadas utilizando-se um colorímetro portátil (Chroma Meter, modelo CR-300, Minolta). Foram realizadas três leituras em pontos equidistantes, na região equatorial do fruto, utilizando-se o valor médio para os seguintes atributos de cor, segundo as coordenadas CIELAB: 1) **luminosidade**: parâmetro  $L$ ; 2) **cromaticidade**: coordenadas  $a$  e  $b$ , 3) **Croma**:  $(a^2 + b^2)^{1/2}$  parâmetro  $C$  e 4) **ângulo de cor**,  $hue$ . Os atributos de cor  $L$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $C$  e o ângulo  $hue$  seguiram a descrição de McGuire (1992).

### 4.2.2 Firmeza do fruto e do mesocarpo

Para determinar a firmeza do fruto intacto, realizaram-se quatro medidas equidistantes. Para a determinação da firmeza da polpa, o fruto foi dividido ao meio, no sentido transversal, resultando em duas faces. Em cada face, a firmeza foi determinada diretamente na polpa na seção mediana, tomando-se quatro pontos equidistantes (Figura 1).



**Figura 1.** Visualização das quatro perfurações no fruto de mamão intacto e com um corte transversal.

Os resultados para as firmezas, do fruto e do mesocarpo, foram expressos como média das duplicatas. As medidas de firmeza foram obtidas por

meio da resistência à penetração, utilizando-se um penetrômetro de bancada (Fruit Pressure Tester, Italy, modelo 53205) com ponteira plana de prova de 8,0 mm, obtendo-se a pressão requerida à penetração em Newton (N) (Coelho, 1994).

#### **4.2.3 Perda de massa**

Obteve-se a perda de massa fresca dos frutos por meio das pesagens dos frutos, desde a implantação do experimento até o último dia de armazenamento.

Os frutos foram pesados com o auxílio de uma balança semianalítica, em que o último fruto a ser avaliado era pesado no primeiro dia até o dia da sua avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de massa através da expressão  $PM = [(P_{inicial} - P_{final}) / P_{inicial}] \times 100$ .

#### **4.2.4 Teor de sólidos solúveis**

A determinação do teor de sólidos solúveis baseou-se na metodologia descrita por Moretti et al. (1998). Foi avaliado por leitura em refratômetro, a partir do exsudato do tecido da polpa sobre a superfície do prisma, utilizando refratômetro portátil digital (modelo ATC 301-D, Biobrix) e os resultados foram expressos em °Brix. Periodicamente, antes da leitura da amostra, o refratômetro era calibrado com água destilada.

#### **4.2.5 Teor de ácido ascórbico**

A determinação do teor de ácido ascórbico (AA) foi realizada em amostras da polpa do mamão por meio da titulometria, de acordo com o método oficial da Associação Oficial de Química Analítica (AOAC, 1992). A quantificação do teor de AA nas amostras foi obtida a partir da curva-padrão, empregando para isso soluções de AA (Sigma Aldrich, USA), com concentrações conhecidas.

Foi utilizado 1 g de polpa macerada em um cadinho contendo 9 mL de ácido oxálico a 1% e filtrado em papel de filtro qualitativo com porosidade de 3 µm. Dessa mistura, foram retirados 2 mL e transferidos para um Erlenmeyer onde foram adicionados 5 mL de ácido oxálico a 1%. Todo o procedimento foi realizado

em banho de gelo e abrigado da luz. O conteúdo do Erlenmeyer foi titulado com 2,6-diclorofenol (2,6-DCP) até que a solução mantivesse a coloração rosa “pink” por alguns segundos. A titulação foi realizada em duplicata.

O volume gasto com o 2,6-DCP em cada amostra foi utilizado para determinar a concentração de AA, a partir da curva-padrão previamente estabelecida. O resultado foi expresso em mg de AA.100g<sup>-1</sup> de massa fresca da polpa.

#### **4.2.6 Acidez titulável**

A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação com NaOH a 0,1N, utilizando o método da A.O.A.C. (1975), empregando uma bureta volumétrica de 50 mL, auxiliado por um peagâmetro digital de bancada (DM-21, Digimed).

Em função da polpa do mamão possuir coloração vermelha que interfere com a cor rósea indicada pela fenolftaleína, foi utilizado o valor de pH 8,2 (ponto de virada da fenolftaleína) para determinar o ponto final da titulação, englobando uma faixa de pH de 8,2 até 8,3.

Para isso, foi retirada uma amostra da polpa do fruto de 15 g, a qual foi transferida para um Becker (200 mL), sendo o volume completado para 50 mL com água deionizada. Com o uso de um homogeneizador Turratec TE 102 a uma rotação de 1.800 g, a amostra foi homogeneizada por cerca de 30 segundos.

#### **4.2.7 Relação teor de sólidos solúveis e acidez titulável**

A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável foi obtida pela divisão entre os resultados médios dos teores de sólidos solúveis totais e das médias de acidez titulável.

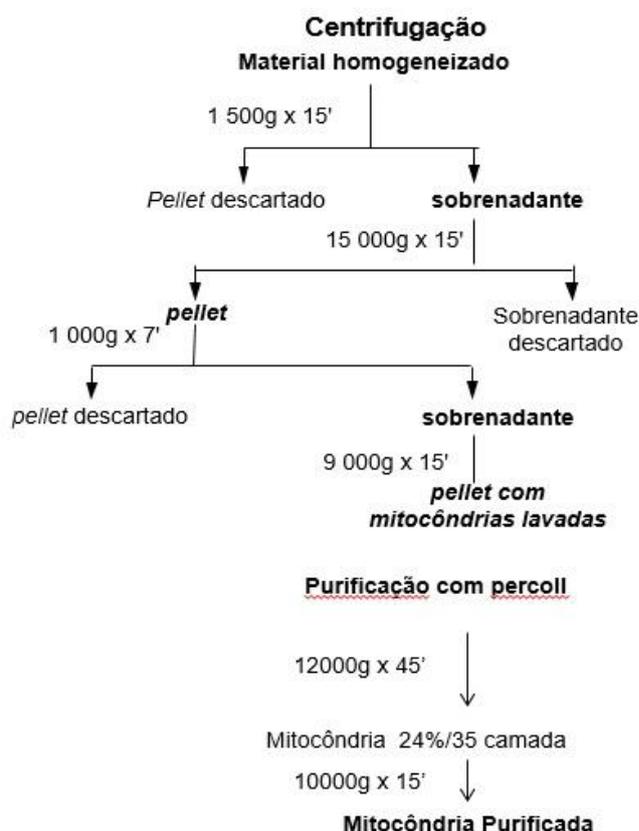
### **4.3 Isolamentos das mitocôndrias**

As mitocôndrias foram isoladas a 4°C, utilizando-se de cerca de 600 g da polpa dos mesmos frutos utilizados para as análises físico-químicas. O tecido foi homogeneizado em centrífuga (Juicer, modelo R16720, Walita, Brasil) com 1,2 L de tampão de isolamento [sacarose 600 mM para o híbrido Tainung 01 e 700 mM para o híbrido UC01, MOPS 50 mM, EDTA 3 mM, Cys 8 mM, BSA 0,1% (p/v),

PVP-25 0,4% (p/v), pH 7,4], sob agitação constante. O homogenato foi filtrado através de quatro camadas de gaze e uma de Miracloth (Calbiochem, CA, USA) e centrifugado a 1.500 g por 15 min. O sobrenadante foi centrifugado a 15.000 g por 15 min, sendo o *pellet* ressuscitado em tampão de lavagem [sacarose 600 mM para o híbrido Tainung01 e 700 mM para o híbrido UC01, MOPS 10 mM, EDTA 0,5 mM, BSA 0,1% (p/v), pH 7,2]. Esta suspensão também foi centrifugada a 1.000 g por 8 min, sendo o sobrenadante novamente centrifugado a 9.000 g por 15 min, para obtenção das mitocôndrias no precipitado (Figura 2).

Para a purificação das mitocôndrias, foi utilizado um gradiente em *percoll*. O precipitado coletado foi suspenso em 0,5 mL do tampão de lavagem e vertido sobre 30 mL de tampão de purificação [*percoll* 22,5% (v/v), sacarose 600 mM para o híbrido Tainung01 e 700 mM para o híbrido UC01, MOPS 10 mM, BSA 0,5% (p/v), pH 7,2], sendo centrifugados a 12.000 g por 45 min. As mitocôndrias purificadas foram coletadas com o auxílio de uma pipeta Pasteur, na região basal dos tubos, sendo diluídas aproximadamente dez vezes com tampão de lavagem e centrifugadas a 10.000 g por 15 min (Figura 2). O procedimento seguiu o protocolo proposto por Duque e Arrabaça (1999) e Oliveira (2012), com modificações nas quais, em vez de utilizar o controlador osmótico manitol, utilizou-se a sacarose, com ajustes em sua molaridade.

A concentração de proteínas foi determinada espectrofotometricamente, a 480 nm, utilizando o Kit 2-D quant (GE, Bio-Sciences Corp), usando BSA como proteína-padrão.



**Figura 2.** Esquema das centrifugações para a purificação das mitocôndrias dos híbridos de mamão UC01 e Tainung01.

#### 4.4 Atividade respiratória em mitocôndria isolada

Foram utilizados 25 µg e 50 µg de proteína para a determinação da atividade respiratória das mitocôndrias isoladas da polpa do mamão Tainung01 e UC01, respectivamente. Foi utilizado o método polarográfico, usando um eletrodo de O<sub>2</sub> tipo Clark (Hansatech, Respire 1, UK) em 0,6 mL de meio de reação [sacarose 600 mM para o híbrido Tainung 01 e 700 mM para o híbrido UC01, tampão fosfato 10 mM, KCl 10 mM, MgCl<sub>2</sub> 5 mM, BSA 0,5% (p/v), pH 7,2], à temperatura de 25°C. Todo o ensaio foi realizado na presença de ATP 200 µM, além de NADH 100 mM como substrato para a respiração. Após a adição de 100 nmoles de ADP ao meio de reação, foram registrados os estados 3 e 4 da respiração, evidenciando a capacidade fosforilativa das mitocôndrias.

A avaliação da via respiratória resistente ao cianeto foi obtida pela atividade da AOX, por meio da medição da taxa de consumo de O<sub>2</sub> na presença de KCN 3 mM, em mitocôndrias no estado 4 (Duque e Arrabaça, 1999).

A capacidade da AOX foi avaliada utilizando o meio de reação descrito acima, suplementado com 2,5 µg de oligomicina e 300 µM de propranolol para inibir a ATP-sintase e o canal aniônico, respectivamente (Calegario et al., 2003). Também foram adicionados ao meio 1 mM de ditioneitol (DTT) e 0,15 mM de piruvato para ativar a AOX (Wagner et al., 1995) e BSA 0,5% (p/v) para inibir a atividade da UCP. A inibição da COX foi realizada a partir da adição de 3 mM de KCN ao meio de reação, enquanto a adição de 20 µM de *n*-propilgalato (PG) objetivou a inibição da AOX.

A partir dos traçados e calculadas as taxas de consumo de O<sub>2</sub> das mitocôndrias isoladas, foram calculados os percentuais da respiração total e da respiração resistente ao cianeto, para realizar uma comparação entre as vias de consumo de O<sub>2</sub>.

#### **4.5 Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi conduzido seguindo um delineamento em bloco casualizado (DBC), em esquema fatorial 2 x 5 (2 genótipos e 5 tempos de amadurecimento, com intervalo de 1 dia, totalizando 9 dias) com 3 repetições. Após a coleta, os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas por meio do Teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), no nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Saeg (Saeg, 2007). Os tempos de amadurecimento foram avaliados por análise variância para regressão (Teste F,  $P \leq 0,05$ ).

As variáveis estudadas inicialmente foram submetidas ao Teste de Lilliefors, com o objetivo de verificar a normalidade das mesmas. Assim como realizaram-se os testes de Cochran & Bartlett, que visam avaliar a homogeneidade das variâncias. A unidade experimental foi de um fruto por avaliação.

Foram realizadas correlações entre as variáveis de respiração com a expectativa de visualizar a existência de correlações paramétricas e não paramétricas com as demais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Atributos Físicos

#### 5.1.1 Coloração da Casca

As Figuras 3A e 3B mostram, respectivamente, a mudança na cor da casca dos mamões Tainung01 e UC01. É possível verificar que a coloração da casca dos mamões passa de um verde mais escuro, para uma tonalidade mais clara, seguindo para a coloração verde-amarelada e finalizam em um tom alaranjado. Essas transformações também podem ser acompanhadas pelos atributos de coloração  $L$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $C$  e pelo ângulo de cor  $hue$  (H).

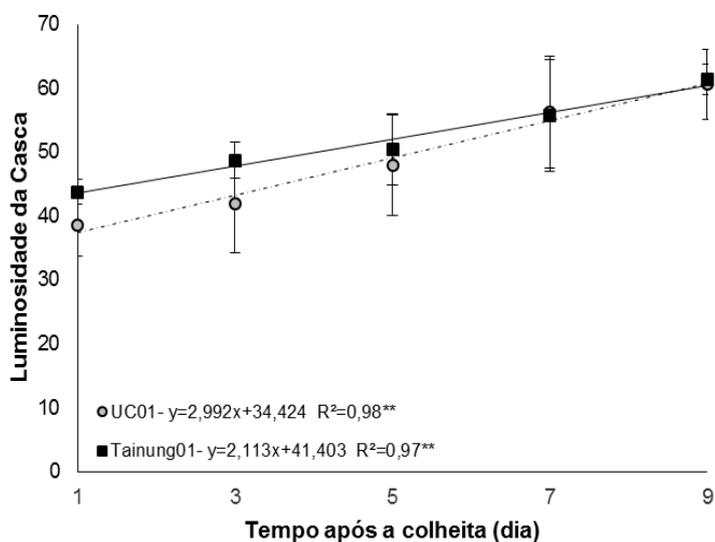
Entre os parâmetros de coloração da casca, a  $L$  foi o que apresentou diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre os genótipos. O parâmetro  $L$  variou de 38,52, no 1º dia de armazenamento, a 60,60, no 9º dia para o UC01, enquanto que, no Tainung01, variou de 43,73 a 61,36 (Tabela 1 e Figura 4).

Durante o período de análise, a  $L$  aumentou significativamente em ambos os genótipos, como descrevem as equações lineares (Figura 4). Basulto et al. (2009) verificaram que, em mamão Maradol, a variação de  $L$  foi de 41 a 58,3 entre frutos verdes e maduros, num período de 14 dias de avaliação.



**Figura 3.** Foto ilustrativa da evolução de cores da casca dos genótipos Tainung01 (A) e UENF/Caliman01 (B), nos 5 dias de avaliação.

O aumento da  $L$  da casca, durante a fase de amadurecimento do mamão, também foi uma tendência verificada por Hernández et al. (2006) e Pereira et al. (2009).



**Figura 4.** Índice de luminosidade da casca dos genótipos UENF/Caliman01 (UC01) e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos.  $^{**}$  Regressão significativa, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ;  $n=3$ ;  $N=30$ ), com Intervalo de Confiança.

**Tabela 1.** Médias ( $\pm$  ic) para os parâmetros de cor da casca dos mamões híbridos, UENF/Caliman01 e Tainung01.

PARÂMETRO	GENÓTIPOS	Tempo após a colheita (dias)				
		1	3	5	7	9
<b>L</b>	UENF/Caliman01	‡38,52 A $\pm$ 3,96	41,89 B $\pm$ 5,62	47,99 A $\pm$ 11,08	56,17 A $\pm$ 17,56	60,60 A $\pm$ 4,86
	Tainung01	43,73 A $\pm$ 9,50	48,69 A $\pm$ 15,46	50,38 A $\pm$ 15,68	55,67 A $\pm$ 17,50	61,37 A $\pm$ 11,00
<b>A</b>	UENF/Caliman01	-13,12 A $\pm$ 0,90	-13,96 A $\pm$ 4,16	-9,94 A $\pm$ 8,76	-2,53 A $\pm$ 27,24	7,26 A $\pm$ 9,20
	Tainung01	-13,85 A $\pm$ 3,78	-13,56 A $\pm$ 7,34	-11,01 A $\pm$ 14,84	-5,88 A $\pm$ 16,18	1,13 A $\pm$ 7,90
<b>B</b>	UENF/Caliman01	21,10 A $\pm$ 3,14	24,51 A $\pm$ 14,24	33,53 A $\pm$ 21,20	45,61 A $\pm$ 32,62	54,30 A $\pm$ 8,48
	Tainung01	23,91 A $\pm$ 6,56	30,86 A $\pm$ 24,1	34,23 A $\pm$ 29,88	41,26 A $\pm$ 28,48	51,54 A $\pm$ 15,60
<b>C</b>	UENF/Caliman01	24,85 A $\pm$ 2,62	28,22 A $\pm$ 14,42	35,26 A $\pm$ 18,32	46,68 A $\pm$ 30,84	54,85 A $\pm$ 9,28
	Tainung01	27,69 A $\pm$ 4,84	34,09 A $\pm$ 19,74	36,68 A $\pm$ 24,88	42,15 A $\pm$ 26,52	51,61 A $\pm$ 15,70
<b>H</b>	UENF/Caliman01	121,87 A $\pm$ 4,44	120,00 A $\pm$ 6,94	107,63 A $\pm$ 21,70	102,4 A $\pm$ 20,06	99,23 A $\pm$ 29,28
	Tainung01	120,2 A $\pm$ 12,04	115,23 A $\pm$ 25,22	110,27 A $\pm$ 33,78	99,8 A $\pm$ 24,98	88,77 A $\pm$ 8,12

‡Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, na coluna entre genótipos, não diferem entre si, segundo o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 3$ ,  $N = 30$ ).

**Tabela 2.** Equação de regressão para os parâmetros de cor da casca dos mamões híbridos, UENF/Caliman01 e Tainung01.

PARÂMETRO	GENÓTIPOS	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R <sup>2</sup>
L	UENF/Caliman01	Y=34,422 + 2,922x	0,98**
	Tainung01	Y=41,405 + 2,112x	0,98**
A	UENF/Caliman01	Y=-19,508 + 2,609x	0,86**
	Tainung01	Y=-18,042 + 1,881x	0,89**
B	UENF/Caliman01	Y=13,937 + 4,375x	0,97**
	Tainung01	Y=19,946 + 3,283x	0,97**
C	UENF/Caliman01	Y=188,359 + 3,923x	0,97**
	Tainung01	Y=24,472 + 2,794x	0,96**
H	UENF/Caliman01	Y=125,943 - 3,143x	0,94**
	Tainung01	Y=126,428 - 3,915x	0,96**

\*\* significativo ( $p \leq 0,01$ ) pelo teste F

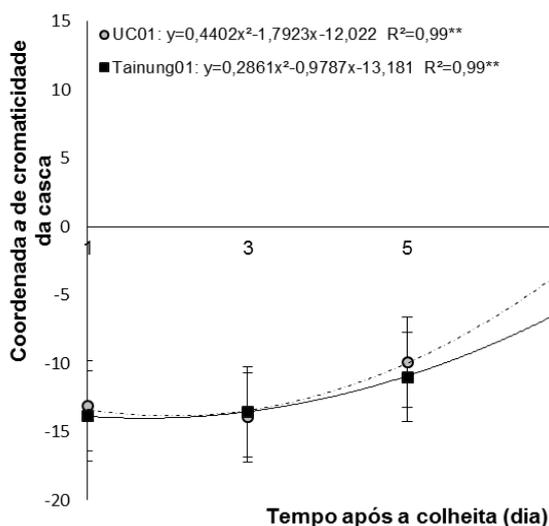
A *L* é um indicativo do brilho da amostra, variando entre 0 (nenhum brilho, ou opaco) e 100 (máximo brilho). Dessa forma, pode-se afirmar que os frutos apresentaram-se mais brilhantes que opacos, a partir do 3º dia após a colheita, em comparação ao 9º dia. Almeida et al. (2005) mostraram que a *L* do mamão 'Golden' é menor quando o fruto é armazenado à temperatura de 6°C, visto que o fruto amadurece mais lentamente em temperaturas mais baixas e aumenta com o acréscimo da temperatura para 13°C.

Stelanello et al. (2010), avaliando frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum*), observaram que a *L* da casca aumentou linearmente com o tempo de armazenamento, em todos os frutos avaliados. Já Lima et al. (2004) verificaram decréscimo constante na *L* em graviola, com o tempo após a colheita, ou seja, à medida que os frutos ficaram mais maduros e a luminosidade diminuía, devido à perda de água, que confere brilho aos frutos.

A coordenada de cromaticidade *a* variou significativamente ( $P \leq 0,05$ ) de -13,12 a 7,26, entre o 1º e o 9º dia, para o UC01; e de -13,85 a 1,85 para o Tainung01 (Figura 5); do mesmo modo, a coordenada *b* variou de 21,10 a 54,30 e

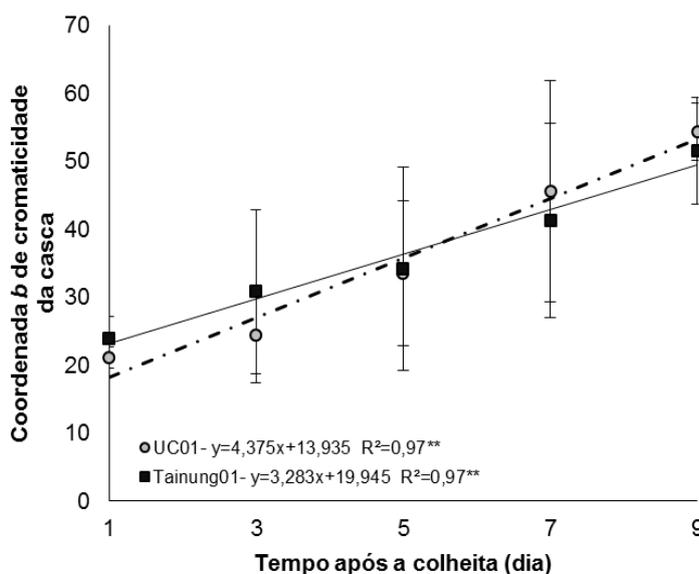
23,9 a 51,54 (Figura 6), respectivamente, para os híbridos UC01 e Tainung01 (Tabela 1). A partir do 3º dia de armazenamento, ambos os genótipos diferiram significativamente ( $P \leq 0,05$ ), em relação ao 9º dia (Tabela 1).

As alterações nas coordenadas *a* e *b* indicam uma tendência de perda da cor verde e aumento na coloração amarelada, que está relacionada com a degradação das moléculas das clorofilas e síntese dos carotenoides, que acontecem com o amadurecimento do fruto. Esse evento pode indicar um pico climático.



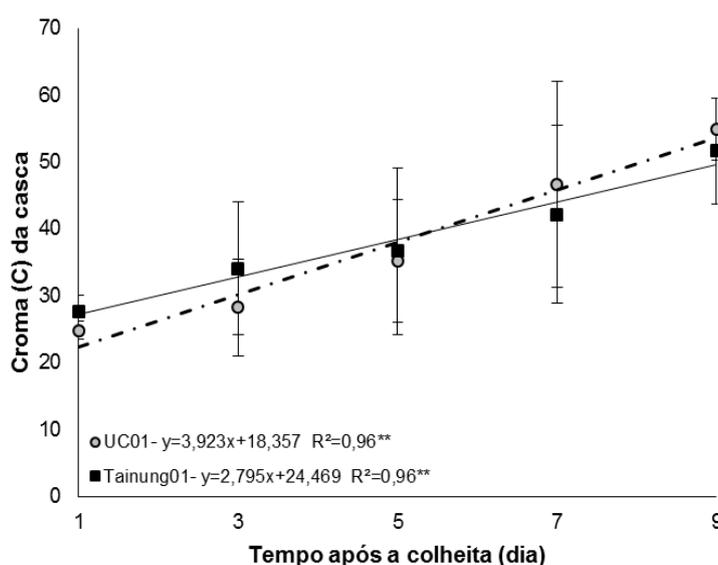
**Figura 5.** Índice de cromaticidade *a* da casca do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* Efeito de regressão significativo, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ;  $n = 3$ ;  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança.

Basulto et al. (2009) verificaram que, durante o amadurecimento do mamão 'Maradol', as coordenadas de cromaticidade *a* e *b* variaram de -15,1 a 13,4 e de 30,1 a 49,8, respectivamente, durante os 14 primeiros dias de avaliação dos frutos que foram colhidos no estádio I de maturação. Esses resultados mostram que as mudanças na cor da casca dos híbridos UC01 e Tainung01 foram mais intensas que aquelas observadas no mamão 'Maradol'.



**Figura 6.** Índice de cromaticidade  $b$  da casca do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* Efeito de regressão significativo, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ;  $n = 3$ ;  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança.

Em ambos os genótipos, houve aumento significativo ( $P \leq 0,05$ ) nos valores do  $C$  da casca, variando de 24,85 para 54,85, para o UC01; e de 27,69 a 51,61, com referência ao Tainung01 (Tabela 1). Percebe-se que, com o tempo após a colheita, os valores do croma aumentaram linearmente de modo significativo ( $P \leq 0,05$ ) entre o 3º e o 9º dia (Figura 7).

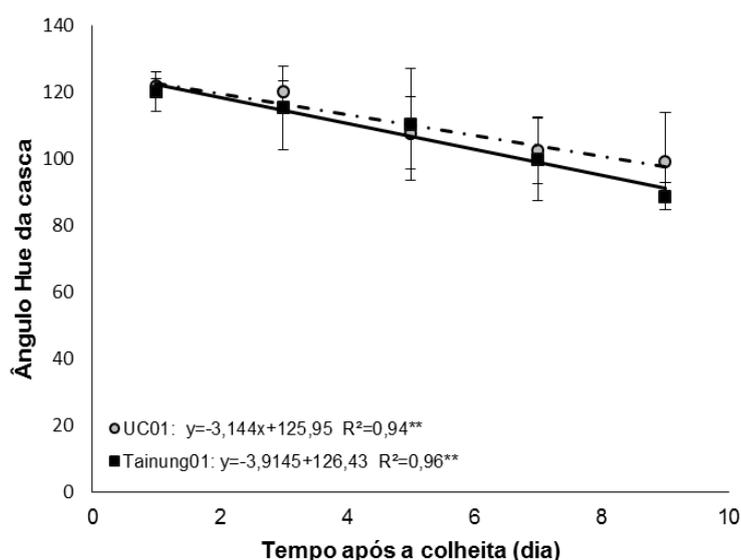


**Figura 7.** Índice croma ( $C$ ) da casca do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* Efeito de regressão significativo, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ;  $n = 3$ ;  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança.

Os valores do H variaram de 121,87, no 1º dia, para 99,23, no 9º dia, e 120,2 a 88,77, respectivamente, para os genótipos UENF/Caliman01 e Tainung01 (Tabela 1). Para ambos os genótipos, observou-se que há efeito de regressão linear significativa, apesar de não ser possível identificar diferenças entre o 1º e o 9º dia de armazenamento. (Figura 8). A redução nos valores do H indica um processo de amadurecimento do fruto.

A redução da cor verde na casca do fruto, medida pelo H, é acompanhada pelo aumento da quantidade de clorofila na casca (Queiroz, 2009). De acordo com o sistema CIELAB, utilizado por Charles et al. (2008) na quantificação e medição de cores, H igual a 180 H se refere à cor verde, enquanto o valor de 90 H se refere ao amarelo. A mudança no ângulo *hue* expressa as diferenças na coloração da casca, permitindo visualizar a mudança na cor dos frutos, de verde para amarela (Azzolini et al., 2004).

Bron e Jacomino (2006), trabalhando com mamão 'Golden', diferenciaram os estádios 0, 1, 2 e 3 de maturação quanto à cor da casca, que apresentaram, na caracterização, valores de ângulo *hue* oscilando entre 110,8 H, 108,3 H, 105,3 H e 101,5 H, respectivamente. Basulto et al. (2009) verificaram que, no mamão 'Maradol', o ângulo *hue* variou entre 125 H e 74 H, em função do amadurecimento.



**Figura 8.** Ângulo *hue* da casca do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* Efeito de regressão significativo, segundo o Teste F ( $P \leq 0,01$ ;  $n = 3$ ;  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança.

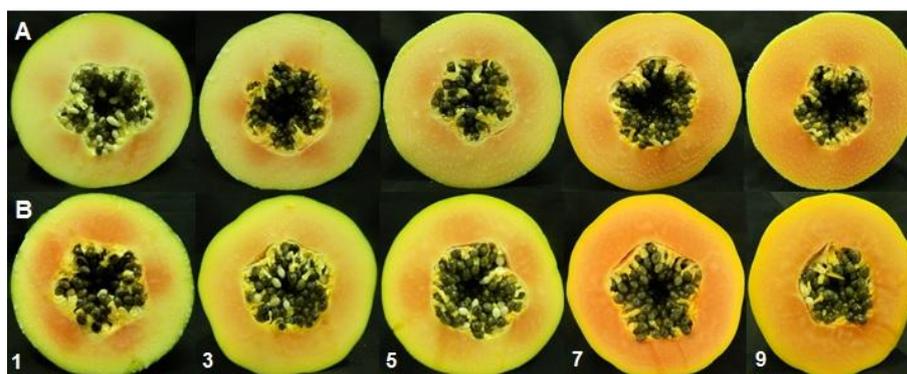
Durante o amadurecimento, há perda das clorofilas associada à síntese de novos pigmentos, como os carotenoides, ou mesmo, o desmascaramento destes e de outros pigmentos previamente formados durante o desenvolvimento do fruto (Ferrer et al., 2005). Essa perda da estrutura das clorofilas também pode ser provocada pelas transformações do pH, sejam por sistemas oxidantes ou pela ação das clorofilases (Pinto et al., 2011).

Os valores de coloração, observados neste trabalho, estão condizentes com os mencionados na literatura, em que a variação de tonalidade da casca do mamão, do verde para o amarelo brilhante, ocorre durante o amadurecimento dos frutos (Pereira et al., 2009).

É correto afirmar que, com o incremento nos valores do C e o decréscimo do H, pode-se acompanhar o avanço no amadurecimento dos frutos.

### 5.1.2 Coloração do mesocarpo

Após a colheita dos frutos, notou-se uma mudança na coloração do mesocarpo do mamão, mostrando com isso uma intensificação nas transformações fisiológicas do fruto (Figuras 9A e 9B). Porém somente a variável C da casca apresentou um efeito para genótipo, independente do tempo (Tabela 9).



**Figura 9.** Foto ilustrativa da evolução de cores do mesocarpo dos genótipos Tainung01 (A) e UENF/Caliman01 (B), nos 5 dias de avaliação.

A luminosidade do mesocarpo variou entre 60,83 e 56,28 no UENF/Caliman01; e 70,40 e 62,70 para o Tainung01 (Tabela 2). A ANOVA (Tabela 9) mostra que *L*, *a*, *b* e *H* do mesocarpo não apresentaram diferenças significativas entre os genótipos e no tempo após a colheita dos frutos. Diferentemente de Lima et al. (2004) que, avaliando graviola, puderam constatar que os frutos-controle (frutos sem tratamento de cera e 1-MCP), em atmosfera modificada, tiveram redução gradual na *L* da polpa, após a colheita dos frutos. Nos frutos de graviola tratados com 1-MCP, a redução também foi linear.

Ferraz et al. (2012), avaliando as cultivares de mamão Solo, Sunrise Solo, Golden e Benedito Soares, verificaram que a *L* da polpa diferiu em 1% pelo teste de Tukey entre os genótipos, sendo que a cultivar Golden apresentou a maior *L* de polpa (57,40) em relação à do 'Sunrise Solo' (52,20) e à do 'Benedito Soares' (52,00).

O *C* foi o único parâmetro de cor do mesocarpo que apresentou diferença ( $P \leq 0,05$ ) entre os dois genótipos avaliados (Tabela 9 e Figura 10). Para o UENF/Caliman01, as médias do *C* variaram de 37,61 a 44,36, enquanto, no Tainung01, as variações foram de 33,31 a 41,82 (Tabela 2).

No teste de médias (Tabela 2), não se constatou diferença entre os genótipos. Esse fato aconteceu, já que a significância aproximou-se de 0,05. Esse é um evento incomum, porém, quando ocorre, pode disfarçar os resultados reais.

Oliveira et al. (2010a) e Bassetto et al. (2005), em goiabas, verificaram que o *C* aumentou ao longo do armazenamento, indicando um decréscimo da coloração da casca e da polpa dos frutos.

### 5.1.3 Perda de massa

A perda de massa dos mamões UC01 e Tainung01 diferiu ( $P \leq 0,05$ ) entre os genótipos, além de ter sido influenciada ( $P \leq 0,01$ ) pelo tempo após a colheita dos frutos. A perda de massa variou de 0,09% a 1,32%, para o UENF/Caliman01, seguindo uma tendência linear ( $P \leq 0,01$ ); e de 0,09% a 1,63%, para o Tainung01, também seguindo a mesma tendência linear ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 11).

Apenas no 7º dia após a colheita dos frutos, o mamão UENF/Caliman01 apresentou uma perda de massa menor ( $P \leq 0,05$ ) que a do Tainung01, não diferindo nos demais dias (Tabela 3).

A PM apresentou as médias oscilando entre 0 a 1,32% para o UC01, e de 0 a 1,63% para o Tainung01 (Tabela 3). Os dias 1 e 3 diferiram estatisticamente no genótipo UC01; no Tainung01, a diferença aconteceu no 7º dia. Os genótipos diferiram no 7º dia após a colheita (Tabela 3).

Santos et al. (2008), avaliando o mamão Tainung01 com diferentes embalagens para transporte, observaram que a perda de massa fresca dos frutos, em todas as formas de embalagens, foi crescente à medida que os frutos foram amadurecendo. Resultados semelhantes foram encontrados por Pimentel et al. (2011) que, avaliando a conservação do mamão Havaí, utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas, verificaram a mesma tendência nos frutos que não receberam revestimento.

A perda de massa por transpiração não implica somente a perda de massa comercializável, mas também a perda de qualidade do produto (Brackmann et al., 2007). Morais et al. (2007) afirmam que a perda de massa fresca do mamão UC01 aumentou de forma linear com o tempo de armazenamento, além de verificarem que, no 8º dia, os frutos haviam perdido 10,74% da massa inicial.

Morais et al. (2007) verificaram valores superiores de perda de massa no trabalho citado. Essa perda excessiva pode ser atribuída à baixa umidade relativa ( $55\% \pm 5\%$ ) usada para armazenar os frutos, em relação àquela ( $85\% \pm 5\%$ ) utilizada neste trabalho.

De acordo com Durigan et al. (2004), o aspecto visual do maracujá, como a coloração e textura e os atributos químicos, é comprometido em poucos dias após a colheita dos frutos, armazenados sob condições-ambiente, devido à intensa atividade respiratória e à excessiva perda de água pela transpiração dos frutos.

Durante o tempo de armazenamento do mamão Formosa, em atmosfera modificada ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $60 \pm 5\%$ ), Solon et al. (2005) verificaram uma perda de peso em todos os tratamentos.

Fazendo uma comparação entre os trabalhos, pode-se afirmar que, assim como para os mamões avaliados neste trabalho, a perda de massa é um parâmetro altamente sensível nas fruteiras em geral, podendo ocorrer sob temperaturas-ambiente ou sob condições controladas.

#### 5.1.4 Firmeza do fruto e do mesocarpo

A FF diferiu ( $P \leq 0,05$ ) entre os genótipos e em função do tempo após a colheita dos frutos ( $P \leq 0,01$ ). A FF variou entre 109,18 N e 6,65 N, no mamão UC01, e 122,31 N e 10,92 N, no Tainung01 (Tabela 3).

Os resultados mostram uma redução acentuada na FF, principalmente no genótipo UC01, onde foi verificada uma redução de 72% entre o 1º e o 3º dia após a colheita dos frutos, enquanto, para o Tainung01, a redução foi de aproximadamente 41%, nesse mesmo período. O genótipo UC01 difere no tempo, a partir do 3º dia, já no Tainung01, apenas os dias 1 e 3 diferem estatisticamente (Tabela 3). Em ambos os genótipos, a redução na FF seguiu uma tendência linear ( $P \leq 0,01$ ) (Figura 12).

A redução da firmeza do fruto é resultante da deterioração estrutural do tecido dos frutos devido à dissociação da parede celular e à perda da turgescência celular (Ferreira, 2010).

Fontes et al. (2008) observaram que o mamão 'Sunrise Solo' apresentou redução da firmeza mais acentuada que a do Tainung01. Esse decréscimo na firmeza dos frutos é indesejável para a comercialização por acarretar perdas consideráveis na fase da pós-colheita.

**Tabela 3.** Médias ( $\pm$  ic) para os parâmetros de cor do mesocarpo dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos.

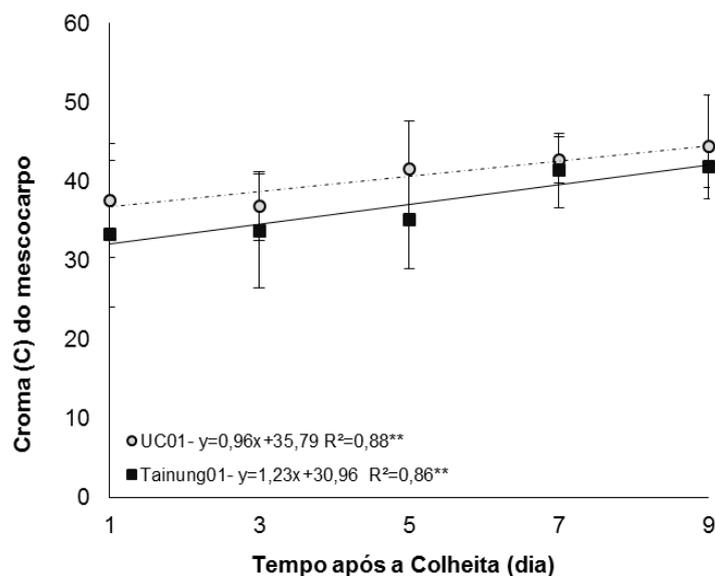
PARÂMETRO	GENÓTIPOS	Tempo após a colheita (dias)				
		1	3	5	7	9
<b>L</b>	UENF/Caliman01	‡60,83 A $\pm$ 12,50	64,55 A $\pm$ 13,00	58,54 A $\pm$ 2,28	58,35 A $\pm$ 15,60	56,28 A $\pm$ 14,74
	Tainung01	70,40 A $\pm$ 39,94	67,58 A $\pm$ 21,52	53,21 A $\pm$ 39,38	60,46 A $\pm$ 19,58	62,70 A $\pm$ 14,56
<b>A</b>	UENF/Caliman01	14,58 A $\pm$ 21,60	15,94 A $\pm$ 11,28	20,47 A $\pm$ 11,04	22,85 A $\pm$ 4,40	28,86 A $\pm$ 25,18
	Tainung01	13,42 A $\pm$ 25,58	15,04 A $\pm$ 17,72	15,25 A $\pm$ 21,98	20,71 A $\pm$ 4,00	21,85 A $\pm$ 6,70
<b>B</b>	UENF/Caliman01	33,43 A $\pm$ 7,06	33,15 A $\pm$ 4,14	36,16 A $\pm$ 7,68	31,71 A $\pm$ 14,84	38,45 A $\pm$ 15,90
	Tainung01	29,69 A $\pm$ 11,72	29,86 A $\pm$ 7,94	31,14 A $\pm$ 3,40	35,77 A $\pm$ 10,96	35,61 A $\pm$ 4,58
<b>C</b>	UENF/Caliman01	37,61 A $\pm$ 14,46	36,88 A $\pm$ 8,64	41,60 A $\pm$ 12,00	42,74 A $\pm$ 5,80	44,36 A $\pm$ 13,22
	Tainung01	33,31 A $\pm$ 18,56	33,71 A $\pm$ 14,36	35,17 A $\pm$ 12,48	41,38 A $\pm$ 9,42	41,82 A $\pm$ 5,18
<b>H</b>	UENF/Caliman01	65,20 A $\pm$ 27,54	64,67 A $\pm$ 12,84	61,55 A $\pm$ 7,44	56,97 A $\pm$ 3,94	60,63 A $\pm$ 13,04
	Tainung01	67,86 A $\pm$ 39,64	65,07 A $\pm$ 22,80	64,23 A $\pm$ 29,34	59,83 A $\pm$ 9,24	58,53 A $\pm$ 8,70

‡Letras maiúsculas comparam os parâmetros, entre genótipos, dentro de cada tempo após a colheita; Letras minúsculas são usadas para a comparação dos parâmetros, de cada genótipo, em função do tempo após a colheita. As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si, segundo o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 3$ ,  $N = 30$ ).

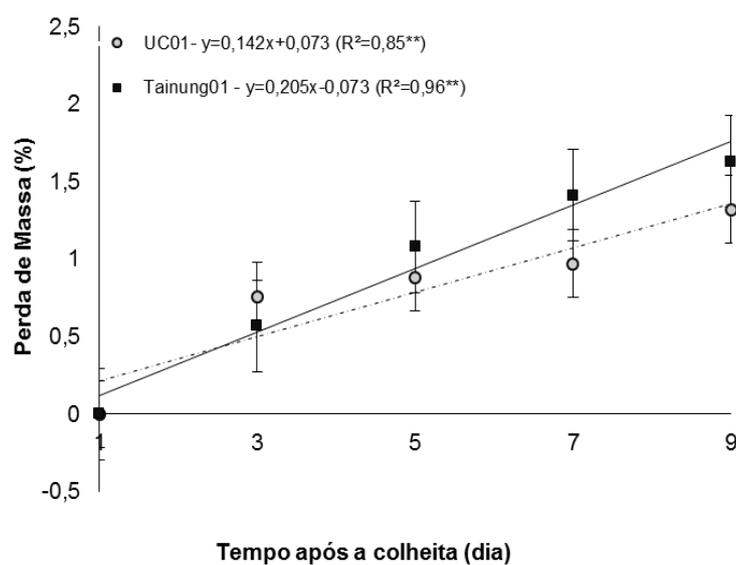
**Tabela 4.** Equação de regressão para os parâmetros de cor do mesocarpo dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos.

PARÂMETROS	GENÓTIPOS	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R <sup>2</sup>
L	UENF/Caliman01	$Y=63,540 - 0,766x$	0,59 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y=68,497 - 1,126x$	0,28 <sup>ns</sup>
a	UENF/Caliman01	$Y=11,675+1,77x$	0,96 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y=11,626+1,125x$	0,90 <sup>ns</sup>
b	UENF/Caliman01	$Y=32,433 + 0,43x$	0,25 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y=27,975 + 0,887x$	0,85 <sup>ns</sup>
C	UENF/Caliman01	$Y=35,797 + 0,967x$	0,88*
	Tainung01	$Y=30,901 + 1,235x$	0,87*
H	UENF/Caliman01	$Y=66,011 - 0,8416x$	0,64 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y=68,873 - 1,153x$	0,90 <sup>ns</sup>

\* significativo  $p \leq 0,05$  e ns não significativo ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste F.



**Figura 10.** Índice cromático do mesocarpo do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* significativo ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ ,  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ).



**Figura 11.** Perda de massa (%) do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* significativo ( $p \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ ,  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 5.** Médias ( $\pm$  ic) para os atributos físicos e químicos dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos.

PARÂMETROS	GENÓTIPOS	Tempos após a colheita (dias)				
		1	3	5	7	9
PM (%)	UENF/Caliman01	±0,00 A ± 0,00	0,76 A ± 0,18	0,88 A ± 0,84	0,97 B ± 0,44	1,32 A ± 0,40
	Tainung01	0,00 A ± 0,00	0,57 A ± 0,50	1,08 A ± 0,30	1,41 A ± 0,48	1,63 A ± 0,64
FF (N)	UENF/Caliman01	109,18 A ± 56,78	36,83 B ± 22,66	20,36 A ± 6,88	8,38 A ± 11,22	6,65 A ± 12,02
	Tainung01	122,31 A ± 93,76	71,57 A ± 60,06	31,12 A ± 49,42	24,59 A ± 64,10	10,92 A ± 21,82
FM (N)	UENF/Caliman01	85,56 A ± 2,54	30,45 B ± 48,58	7,62 A ± 6,64	5,02 A ± 2,30	2,53 A ± 0,80
	Tainung01	90,09 A ± 23,72	54,85 A ± 51,08	18,58 A ± 41,02	17,10 A ± 38,06	5,03 A ± 3,48
SS (°Brix)	UENF/Caliman01	11,57 A ± 5,35	11,52 A ± 2,83	11,17 A ± 6,17	11,46 A ± 1,19	11,28 A ± 0,87
	Tainung01	9,36 B ± 6,62	9,86 A ± 2,36	8,13 B ± 3,46	8,79 B ± 2,32	9,72 A ± 1,18
AT (% ác. cítrico)	UENF/Caliman01	0,07 A ± 0,05	0,07 A ± 0,03	0,06 A ± 0,04	0,07 A ± 0,07	0,09 A ± 0,04
	Tainung01	0,08 A ± 0,12	0,07 A ± 0,09	0,06 A ± 0,02	0,06 A ± 0,01	0,06 A ± 0,00
SS/AT	UENF/Caliman01	178,21 A ± 62,05	170,56 A ± 107,23	202,29 A ± 62,03	169,91 A ± 153,21	133,97 A ± 83,75
	Tainung01	125,99 A ± 113,04	152,42 A ± 161,71	137,54 A ± 42,69	136,35 A ± 33,41	157,50 A ± 24,24
AA (mg AA 100g <sup>-1</sup> )	UENF/Caliman01	46,43 A ± 30,82	56,39 A ± 7,46	64,35 A ± 8,90	68,33 A ± 4,53	73,19 A ± 8,98
	Tainung01	50,41 A ± 9,06	50,41 A ± 34,76	53,60 A ± 11,86	54,39 B ± 3,42	55,99 B ± 11,86

‡ Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna, entre genótipos, não diferem entre si, segundo o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ,  $n=3$ ,  $N=30$ ). PM: perda de massa; FF: firmeza do fruto; FM: firmeza do mesocarpo; SS: teor de sólidos solúveis; AT: acidez titulável; SS/AT: razão entre sólidos solúveis e acidez titulável; AA: teor de ácido ascórbico. \*\* significativo  $p \leq 0,01$ ,

**Tabela 6.** Equação de regressão para os atributos físicos e químicos dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos.

PARÂMETROS	GENÓTIPOS	EQUAÇÃO REGRESSÃO	DE	R <sup>2</sup>
PM (%)	UENF/Caliman01	$Y = -0,087 + 0,20x$		0,97**
	Tainung01	$Y = -0,0158 + 0,363x - 0,356x^2$		1,00*
FF (N)	UENF/Caliman01	$Y = 2,716 - 38,517x + 137,961x^2$		0,94**
	Tainung01	$Y = 1,93x^2 - 32,784x + 152,35$		0,99**
FM (N)	UENF/Caliman01	$Y = 2,716 - 38,517x + 137,961x^2$		0,99**
	Tainung01	$Y = 1,449 - 24,885x + 113,731x^2$		0,98*
SS (°Brix)	UENF/Caliman01	$Y = 0,00634 - 0,0957x + 11,669x^2$		0,46**
	Tainung01	$Y = 9,254 - 0,016x$		0,01 <sup>ns</sup>
AT (%ác. Cítrico)	UENF/Caliman01	$Y = 0,0595 + 0,00227x$		0,42 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y = 0,0826 - 0,0027x$		0,71 <sup>ns</sup>
SS/AT	UENF/Caliman01	$Y = 193,272 - 4,456x$		0,33 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y = 130,221 + 2,348x$		0,34**
AA (mn AA 100 <sup>1</sup> )	UENF/Caliman01	$Y = 45,371 + 3,273x$		0,96**
	Tainung01	$Y = 49,178 + 0,756x$		0,93 <sup>ns</sup>

\* significativo  $p \leq 0,05$  e ns não significativo ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste F.

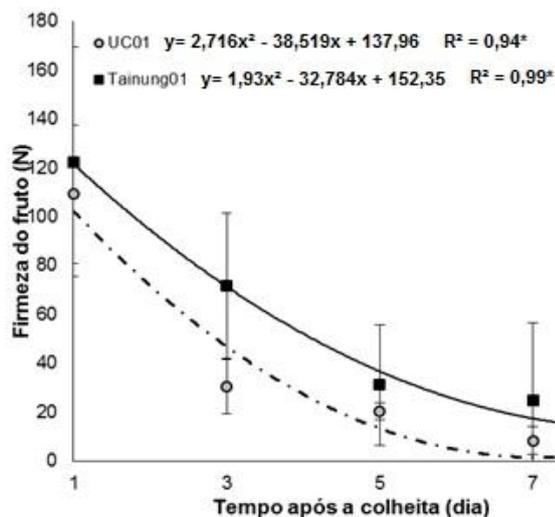
A FM apresentou diferenças entre genótipos, a 5% de probabilidade, e em função do tempo após a colheita dos frutos ( $P \leq 0,01$ ). Em ambos os genótipos, apenas os dias 1 e 2 diferem pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Os valores da FM oscilaram entre 85,56 N e 2,53 N, para o UC01, seguindo uma tendência melhor ajustada ( $P \leq 0,01$ ) ao modelo quadrático de regressão. A FM variou de 90,09 N a 5,03 N, para o Tainung01 (Tabela 3), também seguindo uma tendência ajustada ( $P \leq 0,05$ ) ao modelo quadrático de regressão. Os resultados mostram uma queda sistemática da FM após a colheita dos frutos (Figura 13).

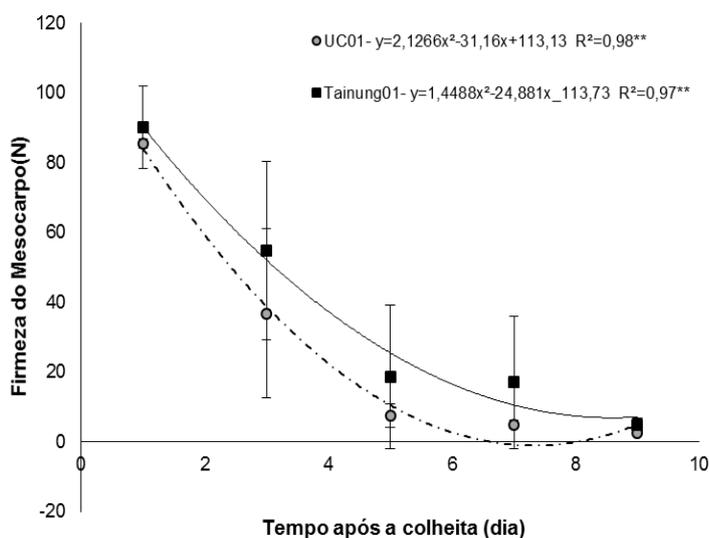
Fernandes et al. (2010), avaliando a qualidade do Tainung01, verificaram que, nos frutos cobertos com filmes plásticos e naqueles frutos-controle, armazenados à temperatura de  $10^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , houve a perda de firmeza do

mesocarpo durante o tempo de armazenamento dos frutos, independentemente do tratamento experimental.

Assim como no presente trabalho, Queiroz (2009) também observou que, a partir do período inicial de análise, ocorre um declínio gradual nos valores de firmeza do mesocarpo de frutos de mamão, indicando haver amaciamento dos tecidos do fruto.



**Figura 12.** Firmeza do fruto (N) do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* significativo pelo Teste F ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ ,  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ).



**Figura 13.** Firmeza do Mesocarpo (N) do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* significativo pelo Teste F ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ ,  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ).

O amolecimento da polpa é um dos principais fatores que determinam a vida útil dos frutos, sendo o resultado da degradação da parede celular (Brummell, 2006). Algumas hidrolases de parede celular aumentam sua atividade durante o amadurecimento e este aumento é coincidente com o amolecimento do fruto (Thumdee et al., 2010). As transformações na firmeza oriundas tanto da

degradação como da ação de enzimas são visíveis durante o desenvolvimento dos frutos, mais especificamente no mamão acontece com o pico climatérico.

As alterações bioquímicas que resultam no amolecimento da polpa dos frutos resultam de mudanças na atividade de enzimas hidrolíticas, como as poligalacturonases, a pectinametilesterase, a  $\beta$ -galactosidase e as celulases presentes nas células, juntamente com a perda de água (Owino et al., 2004). O amolecimento da polpa do mamão, durante a fase de amadurecimento, envolve diversas reações enzimáticas, desencadeadas pelo aumento da respiração.

Morais et al. (2007) mostraram que a firmeza da polpa do mamão UC01 decresceu linearmente com o tempo de armazenamento, havendo uma redução de 25,50 N para 13,45 N do 2º ao 8º dia de armazenamento, respectivamente. Pereira et al. (2006) verificaram, no mamão Tainung01, uma firmeza pouco inferior a 30 N após 8 dias de armazenamento dos frutos a 27°C, e 70% UR, significativamente inferior àquela verificada no dia da colheita que foi de 133 N.

No presente trabalho, assim como a FF apresentou diferenças entre os genótipos (30,45 N, para o UC01 e 71,57N, para o Tainung01) no 3º dia após a colheita dos frutos, a FM também diferiu entre os genótipos nesse dia para ambos os genótipos (36,83 N, para o UC01; e 54,85 N, para o Tainung01) (Tabela 3).

Berilli (2006), avaliando os atributos qualitativos de frutos de mamoeiro híbrido UENF/Caliman01, encontrou valores médios de FF de 131,42 N; Marinho (2007), de 136,13 N; e Fontes et al. (2012), de 190,84 N, em diferentes lâminas de irrigação e adubação. Esses valores correspondem aos frutos colhidos no estágio 1 de maturação (10% da casca amarela).

## 5.2 Atributos químicos

O teor de SS foi diferente ( $P \leq 0,05$ ) entre os genótipos. Para o genótipo UC01, o teor de SS variou de 11,57 °Brix a 11,28 °Brix, não sendo influenciado pelo tempo após a colheita dos frutos. No mamão Tainung01, o mesmo variou de 9,36 °Brix a 9,72 °Brix, também não influenciado pelo tempo após a colheita dos frutos (Tabela 3).

Segundo Broetto et al. (2007), à medida que o fruto amadurece ocorre a hidrólise de carboidratos de cadeia longa e, conseqüentemente, o aumento nos teores de açúcar simples. Queiroz (2009) verificou aumento no teor de SS durante

o desenvolvimento dos frutos de mamão Tainung01, cujos valores oscilaram de 5,1 °Brix a 13,0 °Brix.

No presente trabalho, houve um pequeno acréscimo nos teores de sólidos solúveis e açúcares solúveis totais ao longo do armazenamento, entretanto não foi estatisticamente significativo (Tabela 3). Morais et al. (2007), avaliando o mamão UC01, obtiveram valores médios de 13,65 °Brix para o teor de sólidos solúveis, portanto, superior ao valor verificado no presente trabalho.

Solon et al. (2005) verificaram, no mamão Tainung01, variação no teor de sólidos solúveis de 11,5 °Brix a 10,5 °Brix, durante os 38 dias de armazenamento dos frutos, valores estes inferiores aos constatados no presente trabalho.

No 5º e 7º dia após a colheita dos frutos, os genótipos diferiram entre si, quando o UC01 apresentou valores de 11,17 °Brix e 11,46 °Brix; e o Tainung01, de 8,13 °Brix e 8,79 °Brix, mostrando que o UC01 é mais doce que o Tainung01 (Tabela 3). Deve-se lembrar ainda que o mamão não possui reservas de amido, não sendo possível o aumento nos teores de açúcares solúveis após a colheita dos frutos (Queiroz, 2009). Os altos teores de sólidos solúveis observados no UC01 representam uma grande vantagem para a comercialização desse mamão, já que uma das principais exigências do mercado consumidor é o alto teor de açúcar nos frutos.

A AT não diferiu ( $P \leq 0,05$ ) entre os genótipos, nem mesmo em função do tempo após a colheita. Os valores da AT variaram de 0,07% a 0,09% de ácido cítrico, para o UC01; e de 0,08% a 0,06% de ácido cítrico para o Tainung01 (Tabela 3). Morais et al. (2007) encontraram valores de AT, no mamão UC01, de 0,21% de ácido cítrico, bastante superiores aos verificados neste trabalho, mas ainda inferiores aos encontrados por Berilli (2006), que registrou, para o mesmo genótipo, valores de AT de 0,32% de ácido cítrico.

O mamão, por ser um fruto climatérico, apresenta um aumento acentuado na atividade respiratória no início da fase de amadurecimento, com isso, ocorre a diminuição da AT (Silva et al., 2011).

No caso do mamão, a utilização de ácidos orgânicos como substrato respiratório é justificada pelo fato de os teores de açúcares, que também são substratos para a respiração, reduzirem muito pouco ao longo do amadurecimento do fruto. Segundo Alique et al. (2005), a utilização dos ácidos orgânicos como substrato respiratório é função da disponibilidade de outros

substratos mais simples, como os carboidratos solúveis (glicose, frutose e sacarose).

O aumento da acidez dos frutos pode ser atribuído à formação do ácido galacturônico no processo de degradação da parede celular, processos que ocorrem durante o amadurecimento do mamão, como enfatizam Costa e Balbino (2002).

A relação SS/AT é utilizada com o intuito de indicar a qualidade organoléptica dos frutos de mamão. Tanto na ANOVA quanto na Tabela de médias (Tabela 3), verificou-se que não houve diferença estatística entre os genótipos e o tempo.

A razão SS/AT, também denominada de *ratio*, é considerada um indicador para determinar o grau de maturação dos frutos. Essa representa o balanço entre o sabor doce e o ácido, o que está muito ligado à percepção de sabor do produto e à aceitação do mesmo pelo consumidor (Tavares, 2003; Couto e Canniatti-Brazaca, 2010).

A ANOVA demonstrou que o teor de AA diferiu ( $P \leq 0,05$ ) entre os genótipos, assim como também foi influenciado ( $P \leq 0,05$ ) pelo tempo após a colheita, ou seja, com o amadurecimento dos frutos.

No presente trabalho, os resultados mostram que, nos dois últimos dias após a colheita dos frutos, o teor de AA nos genótipos foi diferente. As médias do teor de AA, nos frutos do UC01 e Tainung01, no 5º dia, foram, respectivamente, de 68,33 e 54,39; e, no 7º dia, de 73,19 e 55,99, para o UC01 e Tainung01, respectivamente (Tabela 3). O que mostra que, nos frutos mais maduros, em ponto de consumo, o UC01 apresenta maior teor de AA. Os resultados mostram também que, enquanto, no mamão Tainung01, o teor de AA não mudou após a colheita dos frutos, no UC01, houve um aumento significativo de pouco mais de 57% no teor de AA entre a colheita e o 9º dia.

O ácido ascórbico possui um papel importante na atividade biológica como um agente contra o estresse oxidativo, sendo considerado o principal composto com atividade vitamínica (Cordenunsi et al., 2005). É um componente essencial na maioria dos tecidos e ocorre naturalmente em alimentos na forma reduzida de L-ascórbico, cujo produto de oxidação inicial é o ácido dehidroascórbico (Penteado, 2003).

Denoti et al. (2009), trabalhando com tangerina 'Ponkan', atribuíram a atividade da citocromo c oxidase à diminuição no conteúdo de ácido ascórbico durante o amadurecimento do fruto. Segundo esses autores, essa vitamina está susceptível à destruição oxidativa, provocando transformações na sua estrutura e acarretando permeabilidade nas membranas celulares.

Fernandes et al. (2010) verificaram que, em mamão Tainung01 submetido à atmosfera passiva, houve um aumento no teor de vitamina C até 21 dias após o armazenamento dos frutos, independentemente da atmosfera sob a qual ocorreu o armazenamento dos frutos, seguindo-se um ligeiro decréscimo nos valores após esse período.

O conteúdo de vitamina C quantificado por Zaman et al. (2006), em diferentes variedades de mamão, variou de 41,0 mg.100 mg<sup>-1</sup> de MF a 42,40 mg.100 mg<sup>-1</sup> de MF. Esses autores verificaram, para a variedade Bombai, que o teor de vitamina C foi de 42,40 mg.100 mg<sup>-1</sup> de MF, enquanto, no 'Shahi' (uma variedade de polpa amarela), o teor de AA foi de 42,00 mg.100 mg<sup>-1</sup> de matéria fresca. Na variedade Shahi (de polpa vermelha), o teor de AA foi de 41,60 mg.100 mg<sup>-1</sup> de matéria fresca e, na 'Deshi', o teor de AA foi de 41,00 mg.100 mg<sup>-1</sup> de MF. Os valores de AA desses genótipos de mamão são inferiores aos dos mamões estudados neste trabalho.

Os ácidos orgânicos, como no caso, o ácido ascórbico, contribuem para a acidez e o aroma característico dos frutos. As frutas tropicais, em sua maioria, apresentam uma diminuição nos teores desses ácidos com o amadurecimento, isto devido à utilização destes no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório, e como fonte de carbono para a síntese de açúcares (Kays, 1991).

O aumento do teor de ácido ascórbico em frutos, durante o amadurecimento, está associado ao aumento da síntese de intermediários metabólicos, os quais são precursores do ácido ascórbico. Entre as três vias de biossíntese de ácido ascórbico em plantas, a via galacturonato utiliza o ácido D-galacturônico como o precursor da formação do L-galactonato que, após a conversão em L-galactona-1-4-lactona, será usado para a formação do ácido L-ascórbico a partir da enzima L-galactona-1-4-lactona desidrogenase. A fonte doadora do ácido D-galacturônico é a pectina, componente estrutural da parede celular, que aumenta sua disponibilidade (p.ex. para a síntese do AA) durante o amadurecimento do fruto (Szarka et al., 2013).

Como foi verificado, o mamão UC01 apresenta maior perda de FM durante o seu amadurecimento (Tabela 3). Por outro lado, isto pode ter consequências positivas na qualidade do fruto, uma vez que a degradação da parede celular do mesocarpo aumenta a disponibilidade de precursores para a biossíntese de AA no fruto, aumentando, dessa forma, o valor nutricional do fruto em seus estádios mais avançados de amadurecimento.

### 5.3 Atividade respiratória em mitocôndrias isoladas

Os resultados mostram que não houve diferença ( $P \leq 0,05$ ) no nível de IM e no CR entre os dois genótipos e em função do tempo após a colheita dos frutos (Tabela 11). O isolamento e a purificação das mitocôndrias, por meio do gradiente com *percoll*, possibilitaram a obtenção de mitocôndrias com integridade de membrana superior a 80% em todas as preparações. Em todo o tempo, após a colheita dos frutos, o controle respiratório variou entre 1,2 e 1,83, o que pode ser caracterizado como um desacoplamento fisiológico das mitocôndrias (Tabela 4).

Os resultados mostraram diferença ( $P \leq 0,01$ ) na RT das mitocôndrias isoladas da polpa dos mamões entre os genótipos. A Tabela 8 mostra que a RT nas mitocôndrias isoladas da polpa do mamão UC01 foi menor que aquela registrada para o Tainung01, com diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) até o 5º dia após a colheita dos frutos.

O desacoplamento das mitocôndrias resulta em menor resistência ao fluxo de elétrons na CMTE, devido à redução no potencial de membrana (Kadenbach et al., 2010).

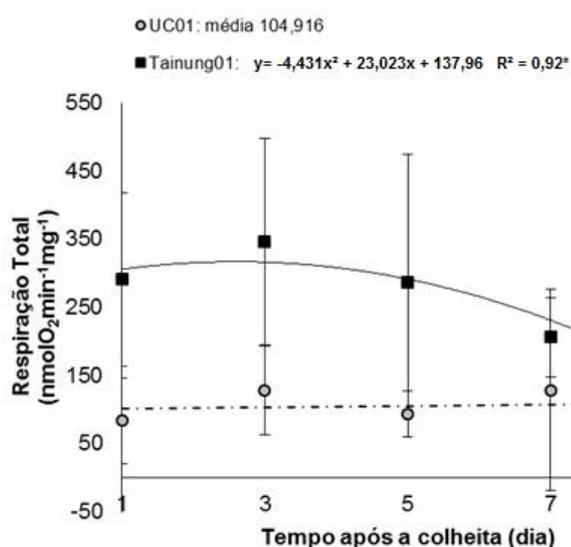
Sendo um fruto climatérico, o mamão se caracteriza por apresentar, na fase de amadurecimento, um aumento na taxa respiratória, além de intensas transformações metabólicas (Silva et al., 2005; Azevedo et al., 2008).

As médias da RT do UC01 oscilaram entre  $83,32 \text{ nmol O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  e  $91,57 \text{ nmol O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  (Tabela 4). No 7º dia e o no 9º dia após a colheita dos frutos, foram quantificadas as maiores taxas respiratórias totais. Isto é explicado pela fase de desenvolvimento avançado em que se encontra o fruto, quando as atividades metabólicas estão mais aceleradas e, com isso, há maior a atividade respiratória.

O UC01 manteve a RT constante no decorrer dos dias após a colheita dos frutos. Já o Tainung apresentou uma diminuição nos valores, variando de 290,70  $\text{nmol O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  a 148,39  $\text{nmol O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ , que estatisticamente não diferem entre si, seguindo o genótipo uma tendência linear (Figura 14). Pode-se então afirmar que, entre os dois genótipos avaliados, o Tainung01 apresentou uma RT superior ao do UC01.

Nogueira et al. (2011) verificaram que a maior taxa respiratória observada nos frutos verdes, possivelmente, deve-se ao fato de estes não terem atingido a maturidade fisiológica e estarem em fase de crescimento, caracterizada por intensa divisão celular e atividade respiratória.

A taxa respiratória mensurada no mamão Tainung01 por Fernandes (2010), em tratamentos com atmosfera modificada, foi reduzida, devido à diminuição das trocas gasosas associadas à temperatura.



**Figura 14.** Respiração total ( $\text{nmol O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ ) do mamoeiro híbrido UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* significativo pelo Teste F ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ ,  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ).

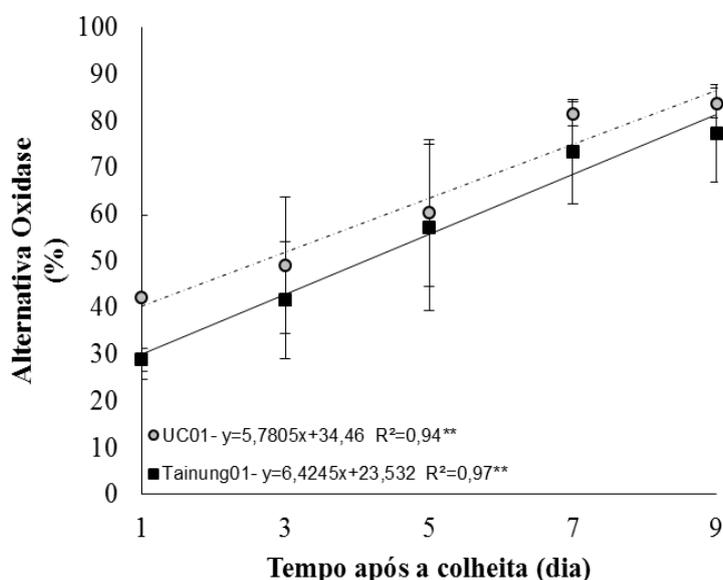
A respiração total do genótipo UC01 foi inferior à do Tainung01, desde o 1º até o último dia após a colheita dos frutos. Apesar de a RT do Tainung01 decrescer com o tempo, o menor valor quantificado ainda é maior que a do UC01.

A participação da AOX na respiração dos frutos foi diferente ( $P \leq 0,05$ ) em função do genótipo analisado, segundo a ANOVA. Porém, quando comparadas as médias entre os genótipos para cada tempo após a colheita dos frutos, os

resultados mostram que não há diferença ( $P \leq 0,05$ ) entre os genótipos (Tabela 4). Já a participação da AOX em função dos dias, as médias do genótipo UC01 não diferem até o 5º dia, já para o Tainung01, não há diferenças até o 3º dia (Tabela 4).

A participação da AOX na respiração dos frutos foi crescente com o amadurecimento dos frutos, variando de 42,16% a 83,77%, e 28,86% a 77,30%, respectivamente, para o mamão UC01 e Tainung01 (Figura 15 e Tabela 4).

A expressiva participação da AOX na respiração do mamão, nos dois genótipos, pode ter causado um desacoplamento mitocondrial fisiológico, verificado a partir dos baixos valores do controle respiratório registrado nas medidas da respiração em mitocôndrias isoladas (Tabela 4). Logo, é necessário buscar alternativas que possam minimizar a atividade da AOX, com isso, será possível influenciar no controle das transformações e possivelmente prolongar a vida de prateleira do fruto de mamão.



**Figura 15.** Participação da alternativa oxidase (%) na respiração total das mitocôndrias isoladas da polpa do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01, em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* significativo ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ ,  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ).

Os resultados mostram que a participação da AOX aumenta com o tempo após a colheita, ao passo que a participação da COX decresce. Nota-se (Tabela 7) que os valores são inversamente proporcionais, ou seja, à medida que uma aumenta, a outra diminui. A oxidase alternativa é um homodímero associado à

membrana interna da mitocôndria, estando ativa na sua forma reduzida. A enzima também é ativada por cetoácidos como o piruvato (Millar et al., 1996).

Em trabalhos com gene da AOX em *Vibrio fischeri*, Dunn et al. (2010) quantificaram a atividade da AOX e verificaram que a atuação dessa enzima resulta em transformações bioquímicas visíveis ao longo do período de amadurecimento dos vegetais. Isso se deve ao fato de que a AOX acelera a atividade respiratória que desencadeia as transformações.

**Tabela 7.** Equações de regressão para os parâmetros da atividade respiratória de mitocôndrias isoladas da polpa dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01, em função do tempo após a colheita dos frutos.

PARÂMETROS	GENÓTIPOS	Tempos após a colheita (dias)				
		1	3	5	7	9
IM	UENF/Caliman01	±92,67 Aa ± 16,53	84,00 Aa ± 18,74	81,33 Aa ± 16,53	85,67 Aa ± 25,36	92,67 Aa ± 8,72
	Tainung01	95,33 Aa ± 1,43	92,33 Aa ± 11,73	90,00 Aa ± 13,82	87,67 Aa ± 15,17	86,33 Aa ± 27,23
CR	UENF/Caliman01	1,55 Aa ± 0,90	1,2 Aa ± 0,05	1,32 Aa ± 0,43	1,41 Aa ± 0,25	1,83 Aa ± 1,95
	Tainung01	1,54 Aa ± 0,53	1,46 Aa ± 0,87	1,50 Aa ± 0,96	1,62 Aa ± 0,57	1,41 Aa ± 0,69
RT	UENF/Caliman01	83,32 Ba ± 125,70	127,71 Ba ± 123,14	93,66 Ba ± 67,84	128,32 Aa ± 294,94	91,57 Aa ± 157,96
	Tainung01	290,70 Aa ± 254,00	346,65 Aa ± 303,00	287,05 Aa ± 275,30	205,56 Aa ± 115,40	148,39 Aa ± 181,50
AOX	UENF/Caliman01	42,16 Ab ± 34,99	49,09 Ab ± 29,38	60,31 Aab ± 31,49	81,48 Aa ± 5,07	83,77 Aa ± 6,34
	Tainung01	28,86 Ac ± 4,96	41,64 Abc ± 25,03	57,22 Aab ± 35,47	73,25 Aa ± 22,36	77,30 Aa ± 20,87
COX	UENF/Caliman01	57,84 Aa ± 34,99	50,91 Aab ± 29,38	39,69 Ab ± 31,48	18,52 Ac ± 5,07	16,23 Ac ± 6,34
	Tainung01	64,96 Aa ± 27,36	58,36 Aab ± 25,03	42,78 Ab ± 35,47	26,75 Abc ± 22,36	22,70 Ac ± 20,87
RAOX	UENF/Caliman01	34,67 Aa ± 53,40	61,42 Aa ± 67,98	54,73 Ba ± 23,96	103,39 Aa ± 232,48	72,37 Aa ± 131,06
	Tainung01	82,71 Aa ± 58,24	149,61 Aa ± 190,88	177,58 Aa ± 330,04	143,53 Aa ± 84,16	108,25 Aa ± 120,62
RCOX	UENF/Caliman01	48,65 Ba ± 91,08	66,29 Ba ± 76,38	38,92 Ba ± 57,70	24,93 Aa ± 62,82	19,20 Aa ± 29,44
	Tainung01	207,99 Aa ± 196,18	197,04 Aab ± 128,44	109,47 Abc ± 47,94	62,03 Ac ± 36,24	40,14 Ac ± 65,32

‡Letras maiúsculas comparam os parâmetros entre genótipos, dentro de cada tempo após a colheita; Letras minúsculas são usadas para a comparação dos parâmetros, de cada genótipo, em função do tempo após a colheita. As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si, segundo o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 3$ ,  $N=30$ ). \*\* significativo  $p \leq 0,01$ .

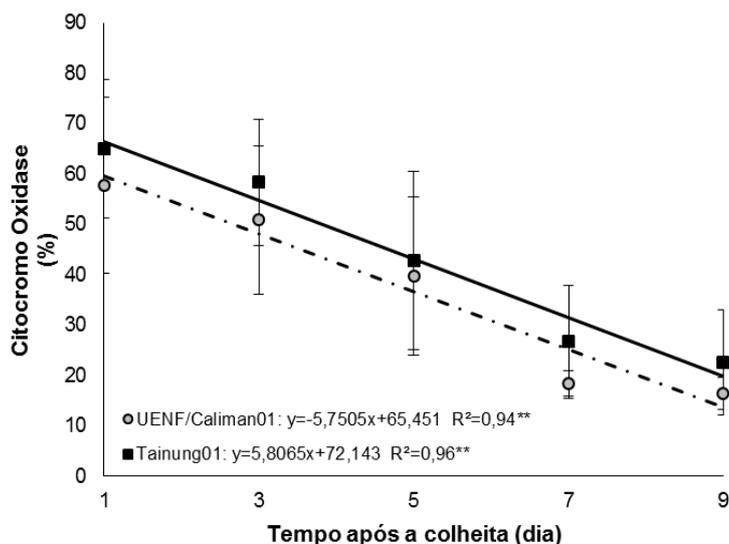
**Tabela 8.** Equações de regressão para os parâmetros da atividade respiratória de mitocôndrias isoladas da polpa dos mamões UENF/Caliman01 e Tainung01, em função do tempo após a colheita dos frutos.

PARÂMETROS	GENÓTIPOS	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R <sup>2</sup>
IM	UENF/Caliman01	$Y=0,684-6,762x+98,487x^2$	0,99*
	Tainung01	$Y=96,00 - 0,0113 x$	0,98 <sup>ns</sup>
CR	UENF/Caliman01	$Y=1,267 + 0,0391x$	0,26 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y=1,52 - 0,0047x$	0,04 <sup>ns</sup>
RT	UENF/Caliman01	$Y=100,637+0,856x$	0,02 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y=-4,431X^2+23,023x+137,96$	0,92*
AOX	UENF/Caliman01	$Y=34,461 + 0,0578x$	0,95**
	Tainung01	$Y=23,534 + 0,0578x$	0,97**
COX	UENF/Caliman01	$Y=65,539 - 0,0578x$	0,95**
	Tainung01	$Y=72,142 - 0,0581x$	0,97**
RAOX	UENF/Caliman01	$Y=35,972 + 0,587x$	0,54 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y=121,085 + 2,250x$	0,04 <sup>ns</sup>
RCOX	UENF/Caliman01	$Y=64,664 - 0,050x$	0,70 <sup>ns</sup>
	Tainung01	$Y=241,014 - 23,536x$	0,94**

\* significativo  $p \leq 0,05$  e ns não significativo ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste F.

Li-Jun Fu et al. (2010) quantificaram a atividade da via respiratória alternativa, em tomates infectados com o vírus do mosaico do tabaco, e verificaram que a via foi subsequentemente induzida para manter o metabolismo energético no fruto. Nos resultados apresentados em estudo com Arabidopsis, Yoshida et al. (2011) concluíram que a oxidase alternativa está envolvida na regulação do transporte de elétrons.

A COX na respiração dos frutos de mamão diferiu significativamente entre os genótipos avaliados a 5% de probabilidade. Entretanto, quando é realizada a comparação das médias entre os genótipos, para cada tempo após a colheita dos frutos, não existe diferença entre os genótipos. A COX na respiração dos frutos foi, ao contrário da AOX, decrescente, oscilando de 57,84% a 16,23% para o UC01; e 64,96% a 22,70% para o Tainung01 (Tabela 4). Ambos os genótipos, a partir do 5º dia, apresentam diferenças estatísticas e seguem uma tendência linear ( $P < 0,01$ ) (Figura 16).



**Figura 16.** Participação da citocromo c oxidase (%) na respiração total das mitocôndrias isoladas da polpa do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 em função do tempo após a colheita dos frutos. \*\* significativo ( $P \leq 0,01$ ) ( $n = 4$ ,  $N = 30$ ), com Intervalo de Confiança ( $P \leq 0,05$ ).

A RAOX nos frutos foi diferente ( $P \leq 0,05$ ) em função do genótipo. As médias de ambos os genótipos foram crescentes, variando de 34,67 a 103,39  $\text{nmol O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$  para o genótipo UC01, e 82,71 a 177,58  $\text{nmol O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$  para o Tainung01. Nota-se que a RAOX do genótipo Tainung01 foi superior àquela verificada para o UC01 (Tabela 4).

Já em relação à RCOX, os genótipos se mostraram diferentes ( $P \leq 0,01$ ) na interação entre os genótipos ( $P \leq 0,05$ ) e no tempo após a colheita. Os valores da RCOX decresceram de 66,29  $\text{nmol O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$  a 19,20  $\text{nmol O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$  para o UC01, e 207,99  $\text{nmol O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$  a 40,14  $\text{nmol O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$  para o Tainung01. Exceto para o genótipo Tainung01 que, entre os dias 1 e 3, não houve diferenças estatísticas (Tabela 4).

Durante o amadurecimento dos frutos, pode-se observar uma tendência de redução na COX, contrapondo-se a um aumento na AOX, que atinge valores muito superiores aos da COX.

Li-Jun Fu et al. (2010), com diferentes tratamentos em tomate com óxido nítrico, cianeto de potássio e ácido salicilhidroxâmico, verificaram que a atividade da COX variou de 51,4% a 91,5%. Observa-se que a pesquisa realizada por Li-Jun Fu et al. (2010) difere desta pelo fato de a COX aumentar, enquanto, no presente trabalho, ela diminui. Pode-se atribuir este fato a diversos fatores, como

a baixa atividade ou até mesmo a ausência da AOX, ou de reações que induzam a atividade da enzima.

#### 5.4 Correlação de Pearson

Para o estudo da associação entre os parâmetros respiratórios com os atributos físicos e químicos, relacionados à qualidade do fruto, foi testada a correlação de Pearson, a fim de se encontrarem características que possibilitem estimar a atividade respiratória em frutos mediante outros parâmetros, obtidos a partir de análises mais simplificadas.

O genótipo UC01 apresentou parâmetros de respiração correlacionando-se fortemente com os atributos físicos, químicos e entre si (Tabela 5), já o Tainung01 apresentou muito poucas correlações (Tabela 6).

As maiores correlações foram entre a RCOX e a  $L_M$  com 0,88 e entre a  $L_C$  com a AOX e COX, 0,86 e -0,86, respectivamente. Sendo que todos os valores significativos se diferenciaram a 1% de probabilidade (Tabela 5).

As degradações que acontecem nos frutos estão associadas com a atuação da atividade respiratória que desencadeará os mais variados processos fisiológicos, que, por meio da quantificação dos atributos de qualidade dos frutos, serão associados à fase na qual o fruto se encontra.

Para o Tainung01, verificaram-se correlações relevantes entre os parâmetros relacionados à atividade respiratória em mitocôndrias isoladas e alguns atributos físicos (Tabela 6). O nível de participação da AOX, na respiração total do fruto, se correlacionou com três atributos físicos, a PM, a FF e a FM, enquanto o nível de participação da COX, apenas com a PM. A atividade da COX apresentou correlação com a PM e com a FM (Tabela 6).

A coloração é influenciada pela degradação da estrutura da molécula da clorofila, na qual envolve a ação da enzima clorofilase (Mendonça et al., 2003) que sofre bastante influência da respiração e emissão de etileno.

Dentre as causas principais da perda da firmeza da polpa do mamão, está a degradação de protopectina da lamela média e da parede celular primária, o aumento da pectina solúvel e a perda de açúcares neutros não celulósicos (Jacomino et al., 2002). Esse fenômeno acontece com o aumento da respiração.

**Tabela 9.** Correlação entre parâmetros relacionados à atividade respiratória em mitocôndrias isoladas, e atributos físicos e químicos associados à qualidade de mamões do genótipo UENF/Caliman01.

PARÂMETROS	IM	CR	AOX	COX	RT	RAOX	RCOX
$L_C$	-0,07 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>**</sup>	-0,86 <sup>**</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	-0,68 <sup>**</sup>
$a_C$	0,01 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>*</sup>	0,70 <sup>**</sup>	-0,70 <sup>**</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,60 <sup>**</sup>
$b_C$	-0,11 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>*</sup>	0,81 <sup>**</sup>	-0,81 <sup>**</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	-0,70 <sup>**</sup>
$C_C$	-0,12 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>*</sup>	0,80 <sup>**</sup>	-0,80 <sup>**</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,70 <sup>**</sup>
$H_C$	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,74 <sup>**</sup>	0,74 <sup>**</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>**</sup>
$L_m$	0,25 <sup>ns</sup>	-0,71 <sup>**</sup>	-0,53 <sup>*</sup>	0,53 <sup>*</sup>	0,74 <sup>**</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>**</sup>
$a_m$	0,17 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>**</sup>	-0,79 <sup>**</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	-0,52 <sup>*</sup>
$b_m$	0,17 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>
$C_m$	0,21 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>**</sup>	-0,75 <sup>**</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>*</sup>	-0,47 <sup>*</sup>
$H_m$	0,14 <sup>ns</sup>	-0,52 <sup>*</sup>	-0,63 <sup>**</sup>	0,63 <sup>**</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>**</sup>
PM	-0,21 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>**</sup>	-0,73 <sup>**</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	-0,45 <sup>*</sup>
FF	0,26 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,63 <sup>**</sup>	0,63 <sup>**</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>
FM	0,30 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,68 <sup>**</sup>	0,68 <sup>**</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
SS	0,07 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>
AT	0,13 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	-0,39 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>*</sup>	0,57 <sup>**</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>
SS/AT	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	-0,45 <sup>*</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>
AA	-0,08 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>**</sup>	-0,81 <sup>**</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> não diferem estatisticamente; \* diferem a 5% e \*\* diferem a 1% pelo Teste T (Student).

**Tabela 10.** Correlação entre parâmetros relacionados à atividade respiratória em mitocôndrias isoladas, e atributos físicos e químicos associados à qualidade de mamões do genótipo Tainung01.

PARÂMETROS	IM	CR	AOX	COX	RT	RAOX	RCOX
$L_C$	-0,38 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>*</sup>	-0,52 <sup>*</sup>	-0,51 <sup>*</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,63 <sup>**</sup>
$a_C$	-0,36 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>*</sup>	-0,48 <sup>*</sup>	-0,61 <sup>**</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,64 <sup>**</sup>
$b_C$	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>*</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>	-0,60 <sup>**</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,63 <sup>**</sup>
$C_C$	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>*</sup>	-0,42 <sup>ns</sup>	-0,58 <sup>**</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,62 <sup>**</sup>
$H_C$	0,33 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	-0,53 <sup>*</sup>	0,48 <sup>*</sup>	0,64 <sup>**</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>**</sup>
$L_m$	0,27 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
$a_m$	0,24 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>
$b_m$	-0,47 <sup>*</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>*</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,40 <sup>ns</sup>
$C_m$	-0,40 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>
$H_m$	0,14 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>*</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
PM	-0,52 <sup>*</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>**</sup>	-0,87 <sup>**</sup>	-0,39 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,79 <sup>**</sup>
FF	0,48 <sup>*</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,72 <sup>**</sup>	0,60 <sup>**</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>**</sup>
FM	0,30 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,75 <sup>**</sup>	0,67 <sup>**</sup>	0,56 <sup>**</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>**</sup>
SS	0,14 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	-0,35 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
AT	0,29 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>*</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>*</sup>
SS/AT	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,50 <sup>*</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>
AA	-0,06 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> não diferem estatisticamente; \* diferem a 5% e \*\* diferem a 1% pelo Teste T (Student).

Nota-se que (Tabela 7) a FM se correlacionou com a participação da AOX (-0,75) e com a RCOX (0,80), o que condiz com a literatura.

Sabe-se que a diminuição na FM tem estreita relação com a atividade de enzimas pectinolíticas, envolvidas na degradação da parede celular (Brummell e Harpster, 2001). Essas alterações bioquímicas resultam, provavelmente, de mudanças na atividade de enzimas hidrolíticas, como as poligalacturonase, pectinametilesterase,  $\beta$ -galactosidase e celulasas presentes nas células, juntamente com a perda de água (Owino et al., 2004). Esses acontecimentos estão diretamente relacionados com a atividade respiratória, visto ser esta responsável por disparar uma série de transformações intra e extracelular.

Brackmann et al. (2010) mostraram que a aplicação de 1-MCP reduziu a síntese de etileno e a respiração em maçãs, embora essa redução na respiração não tenha tido influência na perda de firmeza das maçãs durante todo o período de armazenamento. Nesse caso isolado, a firmeza do fruto não mostrou correlação significativa com a atividade respiratória.

Além das correlações isoladas para cada genótipo, foi realizada uma correlação em que se propôs unificar os dados dos dois genótipos avaliados, com o intuito de visualizar a fixação das características confrontadas. Os resultados mostram que os atributos físicos e químicos, que se correlacionaram com os parâmetros relacionados à atividade respiratória de mitocôndrias isoladas, foram os mesmos encontrados para o genótipo Tainung01 (Tabela 7).

A PM foi o atributo físico que mostrou mais alta correlação com os parâmetros relacionados à atividade respiratória, em todas as três correlações realizadas, mostrando significativa correlação com o nível de participação da AOX na atividade respiratória do mamão. Esperava-se essas correlações, já que, a PM é altamente influenciada na respiração, uma vez que acontece uma elevada perda por transpiração; logo, neste trabalho, são ratificadas as atividades metabólicas do mecanismo respiratório dos frutos de mamão.

A participação da AOX apresentou correlação positiva com a PM, de 0,91 (Tabela 7). A PM, por sua vez, apresentou correlação negativa, inversamente proporcional, com a participação da COX (-0,87) e RCOX (-0,79). Essas correlações apresentaram significância a 1% de probabilidade (Tabela 7).

Amarante et al. (2007) verificaram que o aumento na perda de massa fresca dos pinhões (*Araucária angustifolia*), com o aumento na temperatura de armazenamento, é resultado, principalmente, do aumento na perda de água, como também do aumento no consumo de substratos respiratórios.

**Tabela 11.** Correlação entre parâmetros relacionados à atividade respiratória em mitocôndrias isoladas, e atributos físicos e químicos associados à qualidade de mamões do genótipo UENF/Caliman01 e Tainung01.

PARÂMETROS	IM	CR	AOX	COX	RT	RAOX	RCOX
$L_c$	-0,38 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,52*	-0,52*	-0,51*	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,63**
$a_c$	-0,36 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	0,51*	-0,48 <sup>ns</sup>	-0,61**	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,64**
$b_c$	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	0,47*	-0,43 <sup>ns</sup>	-0,60**	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,63**
$C_c$	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,45*	-0,42 <sup>ns</sup>	-0,58**	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,62**
$H_c$	0,33 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	-0,53*	0,48*	0,64**	0,28 <sup>ns</sup>	0,66**
$L_m$	0,27 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
$a_m$	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>
$b_m$	-0,47*	0,07 <sup>ns</sup>	0,46*	-0,37 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,40 <sup>ns</sup>
$C_m$	-0,40 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>
$H_m$	0,14 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
PM	-0,52*	-0,10 <sup>ns</sup>	0,91**	-0,87**	-0,39 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,79**
FF	0,48*	0,22 <sup>ns</sup>	-0,72**	0,60**	0,31 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	0,67**
FM	0,30 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,75**	0,67**	0,56**	-0,00 <sup>ns</sup>	0,80**
SS	0,14 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	-0,35 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
AT	0,29 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	0,46*	0,15 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	0,45*
SS/AT	0,25 <sup>ns</sup>	-0,50*	0,20 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>
AA	-0,06 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> não diferem estatisticamente; \* diferem a 5% e \*\* diferem a 1% pelo Teste T (Student).

Os resultados de Amarante et al. (2007) mostram que, como aqui em mamão, existe uma correlação entre a respiração e a perda de massa.

Por ser um fruto climatérico, o mamão apresenta um incremento na respiração na fase de amadurecimento do fruto como resposta ao aumento na produção de etileno, associado fortemente à perda de FF.

Dentre os parâmetros respiratórios, a FF apresentou correlação inversamente proporcional apenas com a AOX (-0,72) a 1% de probabilidade, ou seja, quanto menor a perda de FF, maior será a atividade da AOX.

A FM se correlacionou com dois parâmetros, a saber, com a participação da AOX (-0,75) e com a participação da COX (0,80), em que quanto menor for a FM, maior será a participação da AOX; e quanto maior a FM, maior a participação da COX. Todas as correlações foram significativas a 1% de probabilidade.

## 6. CONCLUSÕES

- No processo de desenvolvimento dos frutos, o amadurecimento desencadeia transformações na coloração da casca, perda de massa, firmeza do fruto e do mesocarpo, nos teores de ácido ascórbico e na atividade respiratória;
- O genótipo Tainung01, nos atributos de PM, FF e FM, apresentou perdas mais elevadas que as do UC01;
- O genótipo Tainung01 também apresentou maior consumo de oxigênio que o do UC01, devido aos altos valores quantificados na respiração total;
- A AOX e a COX influenciaram na atividade respiratória dos frutos. Os resultados mostram que a maior participação da AOX e a baixa participação da COX aconteceram no final do amadurecimento, tanto nos frutos do mamão UC01 quanto do Tainung01;
- Verificou-se que ambos os genótipos apresentaram uma elevada participação da AOX, com isso, é necessário uma estratégia que reduza a atividade dessa proteína, para que os frutos de mamão tenham maior qualidade.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho, pode-se perceber que, do ponto de vista bioquímico, existem características importantes que são influenciadas pela atividade respiratória. Esperava-se observar uma maior diferença entre os genótipos, porém, viu-se que os mesmos diferem em poucos parâmetros.

Os híbridos UENF/Caliman01 e Tainung01 diferiram em poucos parâmetros, a saber,, teor de sólidos solúveis, firmeza do fruto e teor de ácido ascórbico. Observou-se que, no 3º dia após a colheita dos frutos, provavelmente ocorreu o pico climatérico, desencadeando as transformações e sinalizando as principais diferenças entre os genótipos. Essas modificações podem, uma vez que estudadas isoladamente, responder aos questionamentos que ainda não se tem uma certeza.

A atividade respiratória apresentou resultados interessantes. O genótipo que apresenta a maior atividade respiratória total é aquele que apresenta a maior firmeza do fruto e do mesocarpo, e maior *ratio*. Ambos os genótipos não diferiram na respiração e na participação das proteínas terminais da cadeia transportadora de elétrons da mitocôndria, a COX e a AOX. Então, é relevante continuar a pesquisa para explorar com maior ênfase aspectos como a síntese do ácido ascórbico e as correlações que apresentam uma elevada importância em estudos relacionados com a atividade respiratória dos frutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, L; Grierson, D. (2002) Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *Journal of Experimental Botany*, v. 53, p. 2039-2055.
- Alique, R.; Zamorano, J.P.; Martinez, M.A.; Alonso, J. (2005) Effect of heat and cold treatments on respiratory metabolism and shelflife of sweet cherry, type picota cv. "Ambrunes". *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 35. p. 153-165.
- Almeida, R.F. de; Resende, E.D. de; Vitorazi, L.; Carlos, L.A.; Pinto, L.K.A.P.; Silva, H.R.F.; Martins, M.L.L. (2005) Injúria pelo frio em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv 'Golden'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 1, p. 17-20.
- Álvares, V. de S.; Corrêa, P.C.; Vieira, G.; Finger, F.L.; Agnesini, R.V. (2003) Análise da coloração da casca de banana prata tratada com etileno exógeno pelo método químico e instrumental. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 155-160.
- Amarante, C.V.T.; Mota, C.S.; Megger, C.A.; Ide, G.M. (2007) Conservação pós-colheita de pinhões [sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze] armazenados em diferentes temperaturas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 346-351.

- A.O.A.C. (1975) Official Methods of Analyses of the Association of Official Analytical Chemists, 11 ed. Washington, D.C.
- A.O.A.C. (1992) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry, 12 ed. Washington, D.C.
- Azevedo, I.G.; Oliveira, J.G., Silva; M.G., Pereira,T.; Correia, S.F.; Vargas, H.; Façanha, A.R. (2008) P-type H+ATPases activity, membrane integrity, and apoplastic pH during papaya fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology* 48, p. 242-247.
- Azevedo, A.M.; Andrade Júnior, V.C.; Oliveira, C.M.; Pedrosa, C.E.; Dornas, M.F.S.; Castro, B.M.C.; Neiva, I.P.; Rodrigues, G.A.; Ferreira, M.A.M. (2011) Perda de massa fresca e senescência de genótipos de alface cultivados em ambiente protegido. In: *Congresso Brasileiro de Olericultura*, 51. Anais... Viçosa: ABH.S5098-S5106
- Azzolini, M.; Jacomino, A.P.; Bron, I.U. (2004) Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 2, p. 139- 145.
- Balbino, J.M.S.; Costa, A.F.S. (2003) Crescimento e desenvolvimento dos frutos do mamoeiro do 'Grupo Solo' e padrão de qualidade In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória - ES, p. 389-401.
- Bapat, V.A.; Trivedi, P.K.; Ghosh, A.; Sane, V.A.; Ganapathi, T.R.; Nath P. (2010) Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnol Advances*, v. 28(1), p. 94-107.
- Bassetto, E.; Jacomino, A.P.; Pinheiro, A.L.; Kluge, R.A. (2005) Delay of ripening of 'Pedro Sato' guava with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 35: 303–308.
- Basulto, F.S.; Duch, E.S.; Gil, F.E.; Plaza, R.D.; Saavedra, A.L.; Santamaría, J.M. (2009) Postharvest ripening and maturity indices for maradol papaya. *Interciência*. Volume 34, Nº 8, 0378-1844/09/08/583-06.

- Berilli, S.S. (2006) *Atributos qualitativos de frutos de mamoeiro híbrido – UENF/Caliman01 – sob lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio*. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes – RJ.
- Bhowmik, S.R.; Pan, J.C. (1992) Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 57, n. 4, p. 948- 953.
- Borém, A. (1997) *Melhoramento de plantas*. Viçosa, MG: UFV, p. 547.
- Brackmann, A. et al. (2007) Indução da perda de massa fresca e a ocorrência de distúrbios fisiológicos em maçãs ‘Royal Gala’ durante o armazenamento em atmosfera controlada. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 87-92.
- Brackmann, A. et al. (2010) Aplicação de 1-metilciclopropeno e absorção de etileno em maçã da cultivar Royal Gala colhida tardiamente. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2074-2080.
- Broetto, S.G.; Silva, M.M.; Valbão, S.C.; Zamperlini, G.P.; Fontes, R.V.; Silva, D.M. (2007) Mudanças no grau de adoçamento dos frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) ‘Golden’ durante o amadurecimento. In: Martins, D.S.; Costa, A.N.; Costa, A.F.S. *Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão*. Vitória: Incaper, p. 599-601.
- Bron, I.U.; Jacomino, A.P. (2006). Ripening and quality of ‘Golden’ papaya fruit harvested at different maturity stages. *Brazilian Journal Plant Physiology*. 18: 389-396.
- Brummell, D.A. (2006) Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biology*, Collingwood, v. 33, p. 103–119.
- Brummell, D.A.; Harpster, M.H. (2001) Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology*, Dordrecht, v. 77, p. 311-340.

- Calegario, F.F.; Cosso, R.G.; Fagian, M.M.; Almeida, F.V.; Jardim, W.F.; Jezek, P.; Arruda, P.; Vercesi, A.E. (2003) Stimulation of potato tuber respiration by cold stress is associated with an increased capacity of both plant uncoupling mitochondrial protein (PUMP) and alternative oxidase. *Journal Bioenergy Biomembran* v. 35, p. 211–220.
- Charles, F.; Guillaume, C.; Gontard, N. (2008) Effect of passive and active modified atmosphere packaging on quality changes of fresh endives. *Postharvest Biology and Technology*, Wageningen, v. 48, p. 22–29.
- Chaves, A.L.S.; Mello-Farias, P.C. (2006) Ethylene and fruit ripening: from illumination gas to the control of gene expression, more than a century of discoveries. *Genetics and Molecular Biology*. v. 29, p. 508-515.
- Coelho, A.H.R. (1994) Qualidade pós-colheita de pêssegos. *Informe Agropecuário*, v. 17, n. 180.
- Copeland, W.C. (2002) Mitochondrial DNA: methods and protocols. Totowa, NJ: Humana Press, *Methods in Molecular Biology*, v. 197, p. 420.
- Cordenunsi, B.R.; Genovese, M.I.; Nascimento, J.R.O.; Hassimotto, N.M.A.; Santos, R.J.; Lajolo, F.M. (2005) Effect of temperature on the chemical composition and antioxidant activity on three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, v. 91, p. 113–121.
- Costa, A.F.S.; Pacova, B.E.V. (2003) Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: Martins, D.S.; Costa, A.F.S. A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória: *Incapar*. cap 3, p. 59-102.
- Costa, A.F.S.; Balbino, J.M.S. (2002) Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: Folegatti, M.I.S.; Matsuura, F.C.A.U. (Ed.). Mamão: pós-colheita. Brasília, DF: *Embrapa Informação Tecnológica*. p. 12-18. (Série Frutas do Brasil, 21).

- Couto, M.A.L.; Canniatti-Brazaca, S.G. (2010) Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. *Ciência Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 30(Supl.1): 15-19.
- Cruz-Hernández, A.; Gómez-Lim, M.A. (1995) Alternative oxidase from mango (*Mangifera indica* L.) is differentially regulated during fruit ripening. *Planta*.197, 569-576.
- Cruz-Rus, E.; Amaya, I.; Sanchez-Sevilla, J.F.; Botella, M.A.; Valpuesta, V. (2011). Regulation of L-ascorbic acid content in strawberry fruits. *Journal of Experimental Botany* 62: 4191–4201.
- Dantas, J.L.L.; Dantas, A.C.V.L.; Lima, J.F. (2002) Mamoeiro. In: Bruckner, C.H. *Melhoramento de fruteiras tropicais*. UFV. Viçosa, MG. p. 309-349.
- Davies, M.J.; Taylor, J.M.; Ford, Y.Y. (2009) Opportunities for agronomic manipulation of ascorbic acid yield in fruit crops: a case study with *Ribes nigrum* L. *Functional Plant Science and Biotechnology* 4 (Special Issue 1): 53–65.
- Detoni, A.M.; Herzog, N.F.M.; Ohland, T.; Kotz, T.; Clemente, E. (2009) Influência do sol nas características físicas e químicas da tangerina 'ponkan' cultivada no oeste do Paraná. *Ciência Agrotécnica*. Lavras, v. 33, n. 2, p. 624-628.
- Dunn, A.K.; Karr, E.A.; Wang, Y.; Batton, A.R.; Ruby, E.G.; Stabb, E.V. (2010) The alternative oxidase (AOX) gene in *Vibrio fischeri* is controlled by NsrR and upregulated in response to nitric oxide. *Molecular Microbiology* 77(1), 44–55.
- Durigan, J.F.; Sigrist, J.M.M.; Alves, R.E.; Figueiras, H.A.C.; Vieira, G. (2004) Qualidade e tecnologia pós-colheita do maracujá. In: Lima, A.A.; Cunha, M.A.P. Maracujá: produção e qualidade na passicultura. Cruz das Almas: *Embrapa*. p. 283-303.
- Duque, P.; Arrabaça, J.D. (1999) Respiratory metabolism during cold storage of apple fruit. II. Alternative oxidase is induced at the climacteric. *Physiology Plant*, v. 107, p. 24-31.

- Fabi, J.P.; Peroni, F.H.G.; Gomez, M.L.P.A. (2010) Papaya, mango and guava fruit metabolism during ripening: postharvest changes affecting tropical fruit nutritional content and quality. *Fresh Produce*, v. 1, p. 56-66, 2010.
- Fagundes, G.R.; Yamanishi, O.K. (2001) Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo Solo comercializados em quatro estabelecimentos de Brasília-DF. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal – SP. v. 23, p. 541-545.
- Ferguson-Miller, S.; Babcock, G.T. (1996) *Chemical Revision*, Washington, DC. 96: 2889– 2907.
- Fernandes, P.L.O.; Aroucha, E.M.M.; Souza, P.A.; Sousa, A.E.D.; Fernandes, P.L.O. (2010) Qualidade de mamão ‘Formosa’ produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 4, p. 599-604.
- Ferraz, R.A.; Bardivieso, D.M.; Leonel, S. (2012) Caracterização físico-química das principais variedades de mamão ‘solo’ comercializadas na CEAGESP/SP. *Magistra*, Cruz das Almas - BA, v. 24, n. 3, p. 181-185.
- Ferreira, F.L. (2010) *Caracterização física, química e sensorial e de compostos sensoriais em mamão verde do grupo Formosa minimamente processado*. Dissertação de Mestrado em Agronomia – UNB. Brasília/DF.
- Ferreira, J.P.; Schmildt, E.R.; Amaral, J.A.T.; Schmildt, O.; Nascimento, A.L. (2011) Enraizamento in vitro de clones de mamoeiro ‘Tainung 01’. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 2, p. 563-566, abr-jun.
- Ferrer, A.; Remón, S.; Negueruela, A.; Oria, R. (2005) Changes during ripening of the very late season Spanish peach cultivar Calanda Feasi- bility of using CIELAB coordinates as maturity indices. *Science Horticultural*. 105: 435-446.
- Fontes, R.V.; Santos, M.P.; Falqueto, A.R.; Silva, D.M. (2008) Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e Tainung. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal – SP. v. 30, n. 1, p. 054-058.

- Fontes, R.V.; Viana, A.P.; Pereira, M.G.; Oliveira, J.G.; Vieira, H.D. (2012) Manejo da cultura do híbrido de mamoeiro (*Carica papaya* L.) do grupo 'Formosa' UENF/Caliman 01 para melhoria na qualidade do fruto com menor aplicação de adubação NPK. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal – SP. v. 34, n. 1, p. 143-151
- Gepts, P. (2006) Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. *Crop Science*, Madison, v. 46, n. 5, p. 2278-2296.
- Giordano, L.B.; Silva, J.B.C.; Barbosa, V. (2000) Escolha de cultivares e plantio. In: Silva, J.B.C. da; Giordano, L.B. Tomate para processamento industrial. Brasília: *Embrapa*. p. 36-59.
- Gonçalves, L.S.A.; Rodrigues, R.; Amaral Júnior, A.T.; Karasawa, M.; Sudré, C.P. (2008). Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. *Genetics and Molecular Research*, Ribeirão Preto, v. 7, n. 4, p. 1289-1297.
- Guimarães, K.A.S.; Andrade, A.S. (2008) Contaminação de produtos lácteos por *Staphylococcus Aureus*: Revisão Bibliográfica. *Revista Higiene Alimentar*, v. 22, n. 163, julho-agosto.
- Helmerhorst, E.J.; Murphy, M.P.; Troxler, R.F.; Oppenheim, F.G. (2002) Characterization of the mitochondrial respirator pathways in *Candida albicans*. *Biochemical Biophysics Acta*, v. 1556, p. 73–80.
- Hernández, Y.; Lobo, M.G.; González, M. (2006) Determination of vitamin C in tropical fruits: a comparative evaluation of methods. *Food Chemistry*, Berkshire, v. 96, p. 654–664.
- IBGE. (2012) *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Estados. Disponível em <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em 15-12-2013 página mantida pelo IBGE.
- IBRAF. (2012) *Instituto Brasileiro de Frutas* [http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est\\_frutas.asp](http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp). Acesso em 03-09-2012 página mantida pelo IBRAF.

- Ishikawa, T.; Dowdle, J.; Smirnoff, N. (2006) Progress in manipulating ascorbic acid biosynthesis and accumulation in plants. *Physiologia Plantarum* 126: 343–355.
- Jacomino, A.P. et al. (2002) Amadurecimento do mamão com 1-metilciclopropeno. *Scientia Agrícola*, v. 59, n. 02, p. 303-308.
- Joseph-Horne, T.; Hollomon, D.M.; Wood, P.M. (2001) Fungal respiration: a fusion of standard and alternative components. *Biochemical Biophysics Acta*, v. 1504, p. 179-195.
- Kadenbach, B.; Ramzan, R.; Wenb, L.; Vogt, S. (2010) New extension of the Mitchell Theory for oxidative phosphorylation in mitochondria of living organisms. *Biochemical Biophysics Acta-Bioenergy*. 1800, 205–212.
- Kays, S.J. (1991) Postharvest physiology of perishable plant products. New York: *Van Nostrand Reinhold*.
- Kluge, R.A.; Jacomino, P.A. (2002) Shelf life of peach treated with 1-methylcyclopropene. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 69-72.
- Kluge, R.A.; Nachtigal, J.C.; Fachinello, J.C.; Bilhalva, A.B. (2002) Maturação e colheita. In: *Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado*. 2. ed. Campinas: *Rural*. cap. 6, p. 65-78.
- Krongyut, W.; Srilaong, V.; Uthairatanakij, A.; Wongs-Aree, C.; Esguerra, E.B.; Kanlayanarat, S. (2011) Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1-methylcyclopropene. *International Food Research Journal*, v. 18, p. 1251–1259.
- Kumar, S.; Sinha, S.K. (1992) Alternative respiration and heat production in ripening banana fruits (*Musa paradisiaca* var. *Mysore Kadalì*). *Journal Experimental Botany*. 43, 1639-1642.
- Lee, S. K., e Kader, A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*, v. 20, n. 3, p. 207-220.

- Li-Jun, F.; Kai, S.; Min, G.; Yan-Hong, Z.; De-Kun, D.; Wu-Sheng, L.; Feng-Ming, S.; Jing-Quan, Y. (2010) Systemic Induction and Role of Mitochondrial Alternative Oxidase and Nitric Oxide in a Compatible Tomato–Tobacco mosaic virus Interaction. *The American Phytopathological Society*. Vol. 23, n. 1, p. 39–48. doi:10.1094.
- Lima, M.A.C.; Alves, R.E.; Filgueira, H.A.C.; Lima, J.R.G. (2004). Uso de cera e 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola (*Annona muricata* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 433-437.
- Maia, G.A.; Sousa, P.H.M; Lima, A.S. (2007) *Processamento de sucos de frutas tropicais*. Fortaleza: Editora UFC.
- Maia, G.A.; Sousa, P.H.M.; Lima, A.S.; Carvalho, J.M.; Figueiredo, R.W. (2009) *Processamento de frutas tropicais: nutrição, produção e controle de qualidade*. UFC: Fortaleza, p. 277.
- Marinho, A.B. (2007) *Respostas dos mamoeiros do cultivar Golden e do híbrido UENF/Caliman 01 sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio*. 125f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes – RJ.
- Martins, D.S.; Costa, A.F.S. (2003) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Incaper: Vitória, ES, p. 497.
- Mcguire, R.G. (1992) Reporting of Objective Color measurements. *Horticultural Science*. v. 27, p. 1254-1255.
- Mendonça, K.; Jacomino, A.P.; Melhem, T.X.; Kluge, R.A. (2003) Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão ‘Siciliano’. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 6, n. 2, p. 179-183.
- Mendonça, V.; Abreu, N.A.A.; Gurgel, R.L.S.; Ferreira, E.A.; Orbes, M.Y.; Tosta, M.S. (2006) Crescimento de mudas de mamoeiro ‘Formosa’ em substratos com utilização de composto orgânico superfosfato simples. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 5.

- Millar, A.H.; Hoefnagel, M.H.N.; Day, D.A.; Wiskich, J.T. (1996) Specificity of the organic acid activation of alternative oxidase in plant mitochondria. *Plant Physiology*, v. 111, p. 613-618.
- Millar, A.H.; Liddell, A.; Leaver C.J. (2007) Isolation and Subfractionation of Mitochondria from Plants. *In Methods in cell biology, Elsevier Inc.* Cap. 80, p. 65-68.
- Molinari, A.C.F. (2007) Métodos combinados para preservar a qualidade pós-colheita do mamão 'Golden' tipo exportação. Tese de doutorado – Universidade de São Paulo – Piracicaba/SP.
- Moller, I.M. (2001) Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. *Annu. Review Plant Physiology Plant Molecular Biology*, v. 52, p. 561-591.
- Morais, P.L.D.; Silva, G.G.; Menezes, J.B.; Maia, F.E.N.; Dantas, D.J.; Júnior, R.S. (2007) Pós-colheita de mamão híbrido UENF/Caliman01 cultivado no Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 666-670.
- Moreira, R.N.A.G. (2004) *Qualidade de frutos de goiabeiras sob manejo orgânico, ensacados com diferentes diâmetros*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa/MG.
- Moretti, C.L. et al. (1998) Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. *Journal American Society Horticultural Science*, v. 123, n. 4, p. 656 – 660.
- Nogueira, B.L.; Corrêa, P.C.; Campos, S.C.; Oliveira, G.H.H.; Baptestini, F.M. (2011) Influência do teor de água e do estágio de maturação na taxa respiratória do café. *VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Araxá – MG.
- Ocampo, J.; D'eeckenbruggeb, G.C.; Bruyère, S.; Bellaire, L.L.; Ollitrault, P. (2006) Organization of morphological and genetic diversity of Caribbean and Venezuelan papaya germplasm. *Fruits*, v. 61, p. 25-37.

- Oliveira, G.H.H.; Corrêa, P.C.; Baptestini, F.M.; Freitas R.L.; Vasconcellos, D.L. (2010a) Controle do amadurecimento de goiabas 'Pedro Sato' tratadas por frio. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, vol. 6, n. 9, p. 1.
- Oliveira, D.D.S.; Lobato, A.L.; Ribeiro, S.M.R.; Santana, A.M.C.; Chaves, J.B.P.; e Pinheiro-Sant'Ana, H.M. (2010b). Carotenoids and vitamin C during handling and distribution of guava (*Psidium guajava* L.), mango (*Mangifera indica* L.), and papaya (*Carica papaya* L.) at commercial restaurants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, n. 10, p. 6166-6172.
- Oliveira, E.J.; Lima, D.S.; Lucena, R.S.; Motta, T.B.N.; Dantas, J.L.L. (2010c) Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 45, n. 8, p. 855-862, ago.
- Oliveira, M.G. (2012) *Armazenamento de frutos de mamoeiro: investigação da participação da oxidase alternativa e da proteína desacopladora na respiração em mitocôndrias isoladas da polpa do fruto*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). UENF - Campos dos Goytacazes - RJ.
- Owino, W.O. et al. (2004) Alterations in cell wall polysaccharides during ripening in distinct anatomical tissue regions of the fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 32, n. 01, p. 67-77.
- Penteado, M.V.C. (2003) *Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos*. São Paulo: Manole.
- Pereira, M.E.C.; Silva, A.S.; Bispo, A.S.R.; Santos, D.B.; Santos, S.B.; Santos, V.J. (2006) Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1116 – 1119.
- Pereira, T.; Almeida, P.S.G.; Azevedo, I.G.; Cunha, M.; Oliveira, J.G.; Silva, M.G.; Vargas, H. (2009) Gas diffusion in 'Golden' papaya fruit at different maturity stages. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 54. p. 123-130.

- Pimentel, J.D.R.; Souza, D.S.; Oliveira, T.V.; Oliveira, M.C.; Bastos, V.S.; Castro, A.A. (2011) Estudo da conservação de mamão Havaí utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas. *Scientia Plena*, v. 7, n. 10, p. 1-5.
- Pinheiro, H.A.; Borges, R.; Silva, M.A.P.; Centeno, D.C. (2004) Activity of alternative oxidase and plant uncoupling mitochondrial protein in potato tubers stored at low temperature or submitted to artificial aging. *Brazilian Journal Plant Physiology*, v. 16, p. 69-76
- Pinto, L.K.A.; Martins M.L.L.; Resende E.D.; Thièbaut J.T.L. (2011) Atividade da pectina metilesterase e da  $\beta$ -galactosidase durante o amadurecimento do mamão cv. Golden. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal-SP. Vol. 33, n. 3, p. 713-722
- Queiroz, R.F. (2009) *Desenvolvimento de mamão Formosa 'Tainung01' cultivado em Russas-Ceará*. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal do Semi-Árido – UFRSA. Mossoró/RN.
- Ribeiro, V.G., Assis, J.S., Silva, F.F., Siqueira, P.P.X., Vilaronga, C.P.P. (2005) Armazenamento de goiabas 'Paluma' sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 203-206.
- Ruggiero, C.; Marin, S.L.D.; Durigan, J.F. (2011) Mamão, uma história de sucesso. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal, outubro. v. 33.
- Saeg - Sistema para Análises Estatísticas. (2007). Versão 9.1: *Fundação Arthur Bernardes* – UFV / Viçosa.
- Salunkhe, D.K.; Desai, B.B. (1984) Postharvest biotechnology of fruits. *Boca Raton*, RCR, v. 1, 168p.
- Santos, C.E.M. (2006) *Qualidade pós-colheita do mamão Formosa 'Tainung01' influenciada pelo tipo de embalagem usada no transporte rodoviário*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa – UFV.

- Santos, C.E.M.; Couto, F.A.D.A.; Salomão, L.C.C.; Cecon, P.R.; Júnior, A.W.; Bruckner, C.H. (2008) Comportamento pós-colheita de mamões Formosa 'Tainung 01' acondicionados em diferentes embalagens para o transporte. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 315-321.
- Senhor, R.F.; Souza, P.A.; Carvalho, J.N.; Silva, F.L.; Silva, M.C. (2009) Fatores de pré e pós-colheita que afetam os frutos e hortaliças em pós-colheita. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v. 4, n. 3, p. 13-21.
- Serrano, L.A.L.; Cattaneo, L. F. O. (2010) Cultivo do mamoeiro no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 32, n. 3.
- Silva, M.G.; Oliveira, J.G.; Vitória, A.P.; Correa, S.F.; Pereira, M.G.; Campostrini, S.E.; Cavalli, A.; Vargas, H. (2005) Correlation between ethylene emission and skin colour changes during papaya (*Carica papaya* L.) fruit ripening. *Journal Physiology*. IV. 125, 877–879.
- Silva, F.F.; Pereira, M.G.; Ramos, H.C.C.; Damasceno Junior, P.C.; Pereira, T.N.S.; Gabriel, A.P.C.; Viana, A.P.; Daher, R.F.; Ferregueti, G.A. (2008) Estimation of genetic parameters related to morphoagronomic and fruit quality traits of papaya. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 8, p. 65-73.
- Silva, W.J.M.; Ferrari, C.K.B. (2011) Metabolismo Mitocondrial, Radicais Livres e Envelhecimento. *Revista Brasileira de Geriatria Gerontologia*, Rio de Janeiro. 14(3): 441-45.
- Silva, D.M.; Santos, K.T.; Duarte, M.M. (2011) Eficiência fotoquímica em folhas do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden durante o estágio reprodutivo e caracterização da ontogenia dos frutos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal – SP, v. 33, n. 4, p 1066-1073.
- Solomos, T. (1977) Cyanide-resistant respiration in higher plants. *Annu. Review Plant Physiology*. 28, 279-297.
- Solon, K.N.; Menezes, J.B.; Medeiros, M.K.M.; Aroucha, E.M.M.; Mendes, M.O. (2005) Conservação pós-colheita do mamão formosa Produzido no Vale do Assu. Sob

- Atmosfera Modificada. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA. *Revista Caatinga-Mossoró*, vol. 18, n. 2, p. 105-111.
- Stefanello, S.; Schuelter, A.R.; Scapim, C.A.; Finger, F.L.; Pereira, G.M.; Bonato, C.M.; Rocha, A.C.S. (2010) Amadurecimento de frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) tratados com Etefon. *Acta Amazônica*. L. 40(3) 2010: 425 – 434.
- Szarka, A.; Bánhegyi, G.; Asard, H. (2013) The inter-relationship of ascorbate transport, metabolism and mitochondrial, plastidic respiration. *Antioxidants and Redox Signaling*. v. 19, p. 1036-1044.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2010) *Fisiologia Vegetal*, 4 ed. Porto Alegre, RS. Artmed, p.848.
- Tavares, S. (2003) *Maturação e conservação do Tangor “Murcote” (Citrus reticulata blanco x C. sinensis Osbeck) e de Lima ácida “Tahiti” (Citrus latifolia Tanaka) sob efeito de biorreguladores*. Piracicaba. 115 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo – USP.
- Thumdee, S.; Manenoi, A.; Chen, N.J.; Paull, R.E. (2010). Papaya Fruit Softening: Role of Hydrolyses. *Tropical Plant Biology*, Brasília, v. 3, p. 98-109.
- Vanlerberghe, G.C.; Mcintosh, L. (1997) Alternative oxidase: from gene to function. *Annu. Review Plant Physiology Plant Molecular Biology* 48, 703-734.
- Vanlerberghe, G.C.; Robson, C.A.; YIP, J.Y. (2002) Induction of mitochondrial alternative oxidase in response to a cell signal pathway down-regulating the cytochrome pathway prevents programmed cell death. *Plant Physiology*, v. 129, p. 1829–1842.
- Vila, M.T.R. (2004) *Qualidade pós-colheita de goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca*. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras - UFV, Lavras.
- Villarreal-Alba, E.; Contreras-Esquivel, J.; Aguilar-González, C.; Reyes-Veja, M. (2004) Pectinesterase activity and the texture of Jalapenõ pepper. *European Food Research and Technology*, Heidelberg, v. 218, n. 2, p. 164-166.

- Wagner, A.M.; Van Der Bergen, C.W.M.; Wincencjusz, H. (1995) Stimulation of the alternative pathway by succinate and malate. *Plant Physiology*, v. 108, p. 1035–1042.
- Walter, P.G.; Viola, R.; Woodhead, M. et al. (2009) Ascorbic acid content of blackcurrant fruit is influenced by both genetic and environmental factors. *Functional Plant Science and Biotechnology* 4: 40–52.
- Wetermann, B.; Prokisc, H. (2002) Mitochondrial dynamics in filamentous fungi. *Fungal Genet Biology*, Orlando, v. 36, p. 91-97.
- Wikstrom, M.K. (1977) Proton pump coupled to cytochrome c oxidase in mitochondria. *Nature*, 266:271–273.
- Yoshida, K.; Watanabe, C.K.; Terashima, I.; Noguchi, K. (2011) Physiological impact of mitochondrial alternative oxidase on photosynthesis and growth in Arabidopsis thaliana. *Plant, Cell and Environment* 34, 1890–1899.
- Zaman, W.; Biswas, S.K.; Helali, M.O.H.; Ibrahim, M.; Hassan, P. (2006) Physico-chemical composition of four papaya varieties grown at rajshahi. *Journal biology-science*. 14: 83-86.

## APÊNDICE

**Tabela 12.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros de cor da casca de frutos dos genótipos híbridos UENF/Caliman01 e Tainung01.

FV	GL	QM				
		L	a	b	C	H
Genótipo (G)	1	64,533*	35,491 <sup>ns</sup>	2,274 <sup>ns</sup>	1,680 <sup>ns</sup>	85,345 <sup>ns</sup>
T. pós-colheita (D)	4	384,039**	347,188**	895,875**	692,068**	758,104**
Bloco (B)	2	133,565**	117,297**	439,156**	216,628**	216,628*
Interação (GxD)	4	13,856 <sup>ns</sup>	10,125 <sup>ns</sup>	27,678 <sup>ns</sup>	34,443 <sup>ns</sup>	34,443 <sup>ns</sup>
Resíduo (R)	18	12,325	14,659	33,057	24,295	55,499
<b>CV (%)</b>		<b>6,952</b>	<b>30,744</b>	<b>15,193</b>	<b>12,90</b>	<b>6,864</b>

\* significativo ( $P \leq 0,05$ ) segundo o Teste F, \*\* significativo ( $P \leq 0,01$ ) e <sup>ns</sup> não significativo.

**Tabela 13.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros de cor do mesocarpo de frutos dos mamoeiros híbridos UENF/Caliman01 e Tainung01.

FV	GL	QM				
		L	a	b	C	H
Genótipo (G)	1	74,734 <sup>ns</sup>	80,918 <sup>ns</sup>	35,187 <sup>ns</sup>	95,016*	12,753 <sup>ns</sup>
T. pós-colheita (D)	4	116,475 <sup>ns</sup>	129,913 <sup>ns</sup>	30,394 <sup>ns</sup>	78,959*	69,041 <sup>ns</sup>
Bloco (B)	2	292,574*	71,036 <sup>ns</sup>	6,240 <sup>ns</sup>	48,646 <sup>ns</sup>	184,271 <sup>ns</sup>
Interação (GxD)	4	46,854 <sup>ns</sup>	10,934 <sup>ns</sup>	19,180 <sup>ns</sup>	5,580 <sup>ns</sup>	8,931 <sup>ns</sup>
Resíduo (R)	18	57,582	44,056	16,471	20,932	56,648
<b>CV (%)</b>		<b>12,381</b>	<b>35,123</b>	<b>12,116</b>	<b>11,77</b>	<b>12,05</b>

<sup>ns</sup> não diferem estatisticamente; \* diferem a 5% e \*\* diferem a 1% si pelo teste de Tuckey.

**Tabela 14.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis físicas e químicas de frutos de mamoeiros híbridos UENF/Caliman01 e Tainung01.

FV	GL	QM						
		PM	FF	FM	SS	AT	SS/AT	AA
Genótipo (G)	1	0,16*	13,56*	7,81*	37,25**	0,29 <sup>ns</sup>	6319,59 <sup>ns</sup>	577,76*
T. pós-colheita (D)	4	1,92**	58,33**	54,94**	0,99 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	527,19 <sup>ns</sup>	249,73*
Bloco (B)	2	0,02 <sup>ns</sup>	3,25*	4,09*	8,93*	0,11*	1108,47 <sup>ns</sup>	33,25*
Interação (GxD)	4	0,09 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	1768,32 <sup>ns</sup>	102,08 <sup>ns</sup>
Resíduo (R)	18	0,03	1,73	0,91	1,62	0,55	1537,91	46,23
<b>CV (%)</b>		<b>22,23</b>	<b>22,45</b>	<b>31,72</b>	<b>12,38</b>	<b>33,54</b>	<b>25,06</b>	<b>11,85</b>

\* teste F significativo ( $P \leq 0,05$ ); \*\* teste F significativo ( $P \leq 0,01$ ); <sup>ns</sup> teste F não significativo. PM: perda de massa; FF: firmeza do fruto; FM: firmeza do mesocarpo; SS: sólidos solúveis; AT: acidez titulável; SS/AT: razão entre sólidos solúveis e acidez titulável; AA: ácido ascórbico.

**Tabela 15.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros da atividade respiratória de mitocôndrias isoladas da polpa de frutos de mamoeiros híbridos UENF/Caliman01 e Tainung01.

FV	QM							
	GL	IM	CR	RT	AOX	COX	RAOX	RCOX
Genótipo (G)	1	70,53 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	170449,90 <sup>**</sup>	445,52 <sup>*</sup>	314,15 <sup>ns</sup>	33686,83 <sup>*</sup>	52585,83 <sup>**</sup>
T. pós-colheita (D)	4	253,80 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	10797,56 <sup>ns</sup>	2306,16 <sup>**</sup>	2095,28 <sup>*</sup>	3953,14 <sup>ns</sup>	13340,74 <sup>**</sup>
Bloco (B)	2	152,60 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	18447,97 <sup>ns</sup>	43,37 <sup>ns</sup>	98,31 <sup>ns</sup>	14687,12 <sup>*</sup>	336,28 <sup>ns</sup>
Interação (GxD)	4	223,13 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	8963,66 <sup>ns</sup>	20,41 <sup>ns</sup>	5,95 <sup>ns</sup>	2106,36 <sup>ns</sup>	5332,27 <sup>*</sup>
Resíduo (R)	18	794,73	0,12	6828,97	103,17	603,87	2873,46	1497,39
<b>CV (%)</b>		<b>7,48</b>	<b>23,43</b>	<b>45,83</b>	<b>17,06</b>	<b>61,63</b>	<b>54,24</b>	<b>47,99</b>

<sup>ns</sup> não diferem estatisticamente; \* diferem a 5% e \*\* diferem a 1% si pelo Teste de F. IM: integridade de membrana; CR: coeficiente respiratório; RT: respiração total; AOX: alternativa oxidase; COX: citocromo c oxidase; RAOX: respiração da alternativa oxidase; RCOX: respiração da citocromo c oxidase.