

Christine Maria Carneiro Maranhão

**Caracterização física, físico-química e química do fruto da aceroleira
(*Malpighia emarginata* DC), variedade Okinawa, durante o seu
desenvolvimento.**

**João Pessoa-PB
2010**

Christine Maria Carneiro Maranhão

**Caracterização física, físico-química e química do fruto da aceroleira
(*Malpighia emarginata* DC), variedade Okinawa, durante o seu
desenvolvimento.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos na área de concentração em Origem Vegetal.

ORIENTADOR: Prof^o Dr^o Heinz Johann Holschuh

**João Pessoa-PB
2010**

M311c Maranhão, Christine Maria Carneiro.

Caracterização física, físico-química e química do fruto da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC), variedade Okinawa, durante o seu desenvolvimento. / Christine Maria Carneiro Maranhão. - - João Pessoa: [s.n.], 2010.

73 f. : il.

Orientador: Heinz Johann Holschuh.

Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT.

1. Tecnologia de Alimentos. 2. Acerola - Ciclo de desenvolvimento. 3. Acerola - Maturidade fisiológica.

UFPB/BC

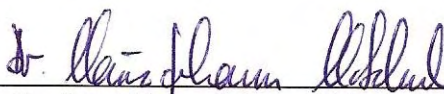
CDU: 664(043)

Christine Maria Carneiro Maranhão

Caracterização física, físico-química e química do fruto da aceroleira
(*Malpighia emarginata* DC), variedade Okinawa, durante o seu
desenvolvimento.

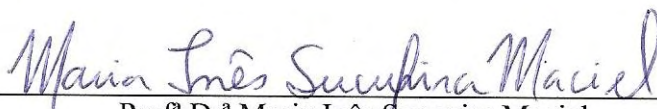
Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Paraíba (UFPB), como parte
das exigências para obtenção do Título
de Mestre em Ciência e Tecnologia de
Alimentos na área de concentração em
Origem Vegetal.

Aprovada em 14/05/2010



Prof^o Dr^o Heinz Johann Holschuh
Orientador

Prof^o Dr^o Pushkar Singh Bora
Membro Interno



Prof^a Dr^a Maria Inês Sucupira Maciel
Membro Externo

Prof^a Marta Suely Madruga, PhD
Suplente

A *Deus* pela minha vida e concessão de potencialidades que em mim foram despertadas e por estar sempre ao meu lado.

Dedico

Aos meus pais, *Oswaldo Emilio Maranhão dos Santos* e *Maria de Jesus Carneiro Maranhão* e minha irmã *Gisele Maia Carneiro Maranhão*, razões da minha existência.

Devo-lhes tudo o que sou.

Ao meu noivo *Marco Túlio José de Barros Ribeiro* pela cumplicidade, amor e companheirismo em todos os momentos.

Também a minha amiga *Tatyana Patrício de Albuquerque Souza* pela amizade e compromisso vivenciados.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar te agradeço, Senhor Deus, por sempre ter colocado pessoas maravilhosas na minha vida e por Tua proteção a todo tempo. Não tenho palavras para agradecer Tua bondade. Tu me cercas com Tua fidelidade. Nunca me deixes te esquecer, porque tudo o que tenho e o que sou e o que vier a ser vem de Ti, Senhor. *Que darei ao SENHOR por todos os seus benefícios para comigo?* (Salmos 116:12)

Aos meus pais, porque lhes devo também tudo o que sou. Pelas lindas palavras que me deram quando minhas forças já estavam se esgotando. Não me esquecendo da ajuda na marcação das flores na horta. Amo-te pai e mãe! Louvo a Deus pela vida de meus pais.

À minha irmã, companheira de todas as horas, muito obrigada pela ajuda no laboratório e lindas palavras que muito me ajudaram e confortaram. Amo-te, minha irmã querida! Louvo a Deus pela tua existência.

Ao meu noivo que sempre escutou pacientemente as minhas preocupações e ansiedades. Meu amor, obrigada pela ajuda nas marcações das flores e na “complexa e adorável” estatística realizada neste trabalho. Não tenho palavras para te dizer o muito obrigado. Amo-te cada vez mais! Louvo a Deus pela tua vida.

Ao meu sogro Francisco e a minha sogra Izabel pelas orações intercessoras. Meus agradecimentos. Amo vocês!

À minha amiga, Tatyana, pelo muito que me ajudou. Amiga, você é uma benção que vem do coração de Deus para a gente cuidar. Assim, você é para mim uma pérola de que me orgulho ter encontrado. Não tenho palavras para dizer o quanto sou grata a você. Amo você, amiga!

Às estagiárias Taliana, Izabel, Naiara, Lidiane, Raquel, Mayara e Havana companheiras formidáveis, também não tenho palavras para agradecer porque muito me ajudaram nas análises laboratoriais. Que Deus as ilumine, pois vocês são de grande coração e potencial.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Heinz Johann Holschuh pela sua paciência e dedicação.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

Ao corpo docente da Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFPB, pela realização do mestrado.

À professora Marta Suely Madruga pela ajuda dada nas análises de açúcares. A senhora é uma professora nota dez. Muito obrigada. Louvo a Deus pela sua vida.

À Professora Maria Inês Sucupira Maciel que sempre me acompanhou desde a minha graduação. Agora no Mestrado, também presente. Os meus sinceros agradecimentos. Louvo a Deus pela vida da senhora.

Ao Professor Pushkar Singh Bora pelo apoio e participação das bancas de qualificação e defesa.

À agrônoma Gessiane do EMEPA que muito me ensinou a acompanhar o desenvolvimento do fruto da aceroleira. Louvo a Deus pela sua vida!

Aos pais de Tatyana, “Seu Pedro” e “Dona Ivoneide”, pela hospitalidade e carinho com que me acolheram sempre. Não tenho palavra para lhes agradecer. Muito obrigada. Louvo a Deus pelas suas vidas.

À Carol, irmã de Tatyana, e a tia de Tatyana, pelo companheirismo e amizade. Vocês fazem parte do meu coração e jamais vou esquecê-las. Louvo a Deus pelas suas vidas.

A André, noivo de Tatyana, a Léo, primo de Tatyana, e Milena, namorada de Léo, que muito me ajudaram em coletas de frutos. As suas contribuições foram importantes para o meu trabalho. Muito obrigada. Louvo a Deus pela vida de vocês.

A “Seu Humberto”, proprietário da Fazenda Morimitzu, no Município de Alhandra/PB, que gentilmente forneceu as acerolas. Um verdadeiro empresário, pois tem visão de que a ciência contribui para o sucesso da empresa. A ele devo muito. Obrigada!

A “Seu Manézinho”, funcionário da Fazenda, que sempre nos recebeu com muita gentileza e carinho. Muito obrigada.

Ao Técnico do Laboratório, Gilvandro, pelas muitas vezes que gentilmente me atendeu, e pela contribuição que a sua grande experiência me proporcionou. Muito obrigada. Louvo a Deus pela sua vida.

À minha amiga, Ana Carla, que muito me ajudou nas análises, sendo verdadeira companheira d todas as horas.

Ao Técnico do Laboratório, Cândido, que gentilmente nos disponibilizou o paquímetro e nos ensinou a usá-lo. Muito obrigada!

Às minhas amigas do mestrado e doutorado, Katarina, Aline, Salete, Kátia, Ana Paula, Fátima, Ana Débora, Josilene, Rosana, Júlio, Naara e Rita pelas ajudas nas análises e que também estiveram presentes ao meu lado quando precisei.

À Suênia pela ajuda dada a mim nesse meu trabalho. Muito obrigada.

A “Seu Pedro”, motorista da UFPB, que gentilmente nos levava para Alhandra. Muito obrigada.

A Humberto e à Vanessa, Secretários do Programa de Pós-Graduação, pela ajuda na preparação de documentos. Muito obrigada!

À Professora Ieda e ao Técnico do Laboratório LACON, Rogério, pelo apoio na realização das Análises da cor dos frutos, fornecendo o colorímetro.

Aos que contribuíram, direta ou indiretamente, não citados, também os meus agradecimentos.

Muito Obrigada!

“Porque os meus pensamentos não são os vossos pensamentos, nem os vossos caminhos os meus caminhos, diz o SENHOR. Porque assim como os céus são mais altos do que a terra, assim são os meus caminhos mais altos do que os vossos caminhos, e os meus pensamentos mais altos do que os vossos pensamentos”. Isaías 55:8 – 9

“Não to mandei eu? Esforça-te, e tem bom ânimo; não temas, nem te espantes; porque o SENHOR teu Deus é contigo, por onde quer que andares” Josué 1:9

SUMÁRIO

	Páginas
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	03
3. REVISÃO DE LITERATURA	04
3.1 ACEROLA	04
3.1.1 Classificação botânica e características gerais	04
3.1.2 Origem e variedade	05
3.1.3. Importância alimentar e nutricional	06
3.1.4. Importância econômica e social	07
3.1.5. Fisiologia da maturação	08
3.1.6 MUDANÇAS FÍSICAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO FRUTO	10
3.1.6.1. Diâmetro equatorial e polar	10
3.1.6.2. Peso e Volume	10
3.1.6.3. Cor	11
3.1.7. MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO FRUTO	11
3.1.7.1. Sólidos solúveis e potencial hidrogeniônico (pH)	11
3.1.8. MUDANÇAS QUÍMICAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO FRUTO	12
3.1.8.1. Açúcares	12
3.1.8.2. Pectina	12
3.1.8.3. Ácido ascórbico	14
3.1.8.4. Acidez total titulável	16
3.1.8.5. Antocianina e flavonóis	17
3.1.8.6. Carotenóides	20
3.1.8.7. Clorofila	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1. MATERIAL	25
4.2. Localizações, climática e manejo da área de cultivo	25
4.3. MÉTODOS	26
4.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	27
4.4.1 Peso fresco (g)	27
4.4.2 Diâmetro Equatorial e Polar (cm)	27
4.4.3 Volume (cm ³)	27
4.4.4 Grau de cor da fruta	27
4.5. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	28
4.5.1 Umidade.	28
4.5.2. Cinzas.	28
4.5.3. Açúcares redutores e Totais	28
4.5.4. Pectina	28
4.5.5. Ácido ascórbico	28
4.5.6. Acidez total titulável	28
4.5.7 Clorofilas na casca e polpa	29
4.5.8 Carotenóides na casca e na polpa	29
4.5.9 Antocianina e flavonóis na casca e na polpa	29
4.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	30
4.6.1 pH	30
4.6.2 Sólidos solúveis	30

4.7.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
5.	RESULTADO E DISCUSSÃO	33
5.1	Peso	33
5.2.	Diâmetro equatorial e polar	34
5.3.	Volume	36
5.4.	Grau de cor	38
5.5	pH e Acidez	41
5.6.	Sólidos solúveis totais	43
5.7.	Umidade	44
5.8.	Cinzas	45
5.9.	Proteínas	46
5.10.	Pectato de cálcio	48
5.11	Ácido ascórbico	49
5.12.	Antocianina casca e polpa	51
5.13	Carotenóides casca e polpa	53
5.14.	Clorofila	54
5.15.	Flavonóis	59
5.16.	Açúcares redutores e totais	61
6.	CONCLUSÃO	64
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
8.	ANEXO	73

LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1. Transformações que ocorrem durante o amadurecimento de frutos.	09
Tabela 2. Estrutura e características dos carotenóides comuns nos alimentos.	21
Tabela 3. Dados meteorológicos de João Pessoa/PB.	26
Tabela 4. Coeficiente de correlação.	31
Tabela 5. Análise de Regressão da Variável Peso quanto à Significância do Modelo Proposto.	34
Tabela 6. Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Diâmetro Equatorial” e “Diâmetro Polar”.	36
Tabela 7. Análise de Regressão da Variável Diâmetro equatorial e Polar quanto à Significância do Modelo Proposto.	36
Tabela 8. Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Volume” e “Peso”.	37
Tabela 9. Análise de Regressão da Variável Volume quanto à Significância do Modelo Proposto.	38
Tabela 10. Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Cor *a” e “Antocianina Casca”.	40
Tabela 11. Análise de Regressão da Variável Cor L*, a* e b* quanto à Significância do Modelo Proposto.	40
Tabela 12. Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Ph” e “Acidez Total Titulável”.	43
Tabela 13. Análise de Regressão da Variável Acidez Total Titulável e pH quanto à Significância do Modelo Proposto.	43
Tabela 14. Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Sólidos Solúveis Totais” e “Açúcares Totais”.	44
Tabela 15. Análise de Regressão da Variável Sólidos Solúveis Totais quanto à Significância do Modelo Proposto.	44
Tabela 16. Análise de Regressão da Variável Umidade (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.	45
Tabela 17. Análise de Regressão da Variável Cinzas (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.	46
Tabela 18. Análise de Regressão da Variável Proteína (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.	47
Tabela 19. Análise de Regressão da Variável Pectato de Cálcio (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.	49
Tabela 20. Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Acidez Total Titulável” e “Ácido Ascórbico”.	50
Tabela 21. Análise de Regressão da Variável Ácido Ascórbico quanto à Significância do Modelo Proposto.	50
Tabela 22. Análise de Regressão das Variáveis Carotenóides Casca e Carotenóides Polpa quanto à Significância do Modelo Proposto.	54

Tabela 23.	Análise de Regressão das Variáveis Clorofila a casca, Clorofila a polpa, Clorofila b casca, Clorofila b polpa, Clorofila total casca e Clorofila total polpa quanto à Significância do Modelo Proposto.	58
Tabela 24.	Análise de Regressão das Variáveis Flavonóis casca e Flavonóis polpa quanto à Significância do Modelo Proposto.	61
Tabela 25.	Análise de Regressão das Variáveis Açúcares totais (%) e Açúcares redutores (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.	63

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Aspectos botânicos da aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i> DC) A: Flores, B: Planta, C: Frutos verdes D: Frutos maduros.	05
Figura 2. Etapa do ciclo vital dos frutos.	08
Figura 3. Estrutura química e esquema de degradação enzimática das pectinas.	13
Figura 4. A estrutura e a reação reversível entre AA e DHA (A, B).	15
Figura 5. Síntese do ácido ascórbico.	16
Figura 6. Ciclo de Krebs com a síntese dos ácidos orgânicos ou outros importantes constituintes.	17
Figura 7. Síntese dos flavonóides.	19
Figura 8. Fluxograma dos estágios da biossíntese de carotenóides.	21
Figura 9. A molécula de clorofila, com o sistema de numeração mais utilizado atualmente.	22
Figura 10. Síntese das clorofilas a, b.	23-24
Figura 11. Escala de desenvolvimento da acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC) variedade Okinawa.	25
Figura 12. Modelo de regressão variável peso expressos em g.	33
Figura 13. Modelo de regressão variável diâmetro equatorial expresso em cm.	35
Figura 14. Modelo de regressão variável diâmetro polar expresso em cm.	36
Figura 15. Modelo de regressão variável volume expresso em cm ³ .	37
Figura 16. Modelo de regressão variável cor L*.	39
Figura 17. Modelo de regressão variável cor a*.	39
Figura 18. Modelo de regressão variável cor b*.	40
Figura 19. Modelo de regressão variável diâmetro pH.	42
Figura 20. Modelo de regressão variável Acidez total titulável expresso mg/100g de ácido málico.	42
Figura 21. Modelo de regressão da variável Sólido solúvel total expresso em °brix.	44
Figura 22. Modelo de regressão da variável umidade expressos em percentagem.	45
Figura 23. Modelo de regressão da variável cinza expressos em percentagem.	46
Figura 24. Modelo de regressão da variável proteína expresso em % de Nitrogênio Total.	47
Figura 25. Modelo de regressão da variável pectato de cálcio expresso em percentagem.	48
Figura 26. Modelo de regressão variável ácido ascórbico expressos em mg/g.	50

Figura 27.	Modelo de regressão da variável Antocianina expresso em $\mu\text{g/g}$ totais de casca.	52
Figura 28.	Modelo de regressão da variável Antocianina expresso em $\mu\text{g/g}$ totais de polpa.	52
Figura 29.	Modelo de regressão da variável carotenóide em μg de β caroteno / g da casca.	53
Figura 30.	Modelo de regressão da variável carotenóide expresso em μg de β caroteno / g da polpa.	54
Figura 31.	Modelo de regressão da variável Clorofila a expresso em $\mu\text{g}/100\text{g}$ de casca.	55
Figura 32.	Modelo de regressão da variável Clorofila b expresso em $\mu\text{g}/\text{g}$ de casca.	56
Figura 33.	Modelo de regressão da variável Clorofila a expresso em $\mu\text{g/g}$ de polpa.	56
Figura 34.	Modelo de regressão da variável clorofila b expresso em $\mu\text{g/g}$ de polpa.	57
Figura 35.	Modelo de regressão da variável clorofila total expresso em $\mu\text{g/g}$ de casca.	57
Figura 36.	Modelo de regressão da variável clorofila total expresso em $\mu\text{g/g}$ de polpa.	58
Figura 37.	Modelo de regressão da variável flavonol expresso em $\mu\text{g/g}$ de quercentina da casca.	60
Figura 38.	Modelo de regressão da variável flavonóis expressos em $\mu\text{g/g}$ de quercentina da polpa.	60
Figura 39.	Modelo de regressão da variável açúcar redutor expressos em percentagem.	62
Figura 40.	Modelo de regressão da variável açúcar total expressos em percentagem.	62

RESUMO

A acerola é um fruto tropical de grande potencial econômico e nutricional, principalmente, devido ao seu alto teor de vitamina C. O processo de amadurecimento é um dos processos mais importantes na fruta que envolve mudanças na textura, cor, açúcares e ácidos, o que é um importante fator na qualidade. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi de avaliar as mudanças físicas, físico-químicas e químicas ocorridas durante o ciclo de desenvolvimento da acerola, visando a obter subsídios na determinação dos índices de maturação. Foram realizadas as seguintes determinações: diâmetro equatorial e polar, peso, volume, grau de cor, umidade, proteína, cinzas, açúcares totais e redutores, pectina, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, clorofila a, b e total, antocianina, flavonóis, carotenóides. Com relação à inferência dos dados, foi realizado ajustamento de modelos de regressão com aplicação do Teste Estatístico F. Ao comparar o teor de carotenóides, flavonóis, clorofila e antocianina evidencia-se um teor significativamente maior destes constituintes na casca. O estágio de desenvolvimento (abertura da flor até o amadurecimento) da acerola compreendeu um período de 25 dias no inverno corroborando com a literatura. Os resultados das análises de açúcares totais e redutores, sólidos solúveis totais, o decréscimo da clorofila, aparecimento da antocianina e solubilização do ácido péctico permite inferir que o início da maturação ocorreu no 19º dia após antese. A acerola no estágio maduro destaca-se por apresentar teores significativos destes compostos bioativos como carotenóides, antocianinas, flavonóis e ácido ascórbico que fazem deste fruto uma fonte promissora de compostos antioxidantes cujo cultivo deveria ser estimulado.

Palavras chaves: desenvolvimento, maturidade fisiológica, acerola.

ABSTRACT

Acerola is a tropical fruit of great economic and nutritional potential, mainly, had to its high vitamin text C. The ripeness process is one of the processes most important in the fruit that involves changes in the acid texture, color, sugars and, what it is an important factor in the quality. Being thus, the objective of this work was to evaluate the physical changes, physical chemistries and occurred chemistries during the cycle of development of acerola, aiming at to get subsidies in the determination of the maturation indices. The following determination had been carried through: equatorial and polar, weight, volume, total and reducing degree of color, humidity, protein, leached ashes, sugars, pectin, diameter, pH, total soluble solids, titratable acidity, chlorophylls a and b, anthocyanins, flavonols, carotenoids. With regard to the inference of the data, adjustment of models of regression with application of Statistical Test F. When comparing was carried through the text of carotenoids, flavonols, clorofila and anthocyanins proves a significantly bigger text of these constituent in the rind. The stage of development (opening of the flower until the ripeness) of acerola understood a period of 25 days in the winter corroborating with literature. The results of the analyses of total and reducing, solid sugars soluble totals, the decrease of chlorophylls, appearance of the anthocyanins and solubilização of the acid pectic allow to infer that the beginning of the maturation occurred 19° day after antese. Acerola in the mature stage is distinguished for presenting significant texts of these bioativos composites as carotenoids, anthocyanins, flavonols and acid ascobic that make of this fruit a promising antirust composite source whose culture would have to be stimulated.

Terms index: development, physiological maturity, acerola.

1. INTRODUÇÃO

O mercado mundial de frutas aponta para cifras anuais superiores a US\$ 21 bilhões, sendo constituído, em sua maior parte, por frutas de clima temperado, típicas da produção e do consumo no hemisfério norte, embora seja elevado o potencial de mercado para as frutas tropicais. Em alusão ao mercado internacional, existe baixo conhecimento da grande maioria das frutas tropicais devido à carência em marketing, dificultando assim a expansão comercial da fruta brasileira. Apesar disso, nos últimos 14 anos, o Brasil aumentou em mais de 11 vezes as exportações de frutas frescas, passando de US\$ 54 milhões no início da década de 1990 para mais de US\$ 642 milhões no ano de 2007 (919 mil toneladas) (ANDRIGUETO et al., 2008). Ainda segundo os mesmos autores, o Brasil exporta cerca de 1,8% da sua produção de frutas *in natura*, ocupando o 20º lugar entre os países exportadores. Apesar de o mercado interno consumir quase a totalidade da produção nacional, o consumo *per capita* de frutas no Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Fruticultura – IBRAF, é de apenas 57 kg por ano, bem abaixo de países como Espanha (120 kg/ano) ou Itália (114 kg/ano).

A Região Nordeste vem se destacando como a região de maior produção de acerola com aproximadamente 22.500 toneladas, dados referentes a Codevasf/Valexport de março/2002 (EMBRAPA, 2009). Entre os maiores produtores estão os estados do Rio Grande do Norte, Bahia e Paraíba, neste o maior plantio de acerola encontra-se no Município de Alhandra (PB), seguido de Cabedelo, Santa Rita, Sapé e Guarabira (CHAVES et al, 2004).

A acerola é uma fruta exótica que tem se destacado por ser uma fonte riquíssima de vitamina C. Em virtude de tal característica, é conferida a essa fruta um inestimável valor farmacológico e alimentício, por sua importância como alimento e por consistir em mais uma alternativa de fonte de vitamina C a baixo custo (CARPENTIERI-PÍPOLO et al, 2000). O teor de vitamina C e outras características atribuídas à qualidade da acerola, tais como coloração, peso e tamanho dos frutos, teor de sólidos solúveis e pH do suco, além de serem afetadas pela desuniformidade genética dos pomares, sofrem influências de vários outros fatores, como precipitações pluviais, temperatura, altitude, adubação, irrigação e a ocorrência de pragas e doenças (NOGUEIRA et al., 2002).

A acerola é uma fruta altamente perecível devido ao seu intenso metabolismo, sendo imprescindível o uso de técnicas de conservação para aumentar a vida pós-colheita. Segundo Gómez (2005), o amadurecimento é o processo pelo qual a fruta é transformada em produtos capazes de satisfazer aos consumidores. A acerola é um fruto climatérico. Nos frutos climatéricos, as mudanças são intensas por um curto período de tempo, exibindo um típico aumento na respiração e produção de etileno durante o amadurecimento. O conhecimento das modificações, como as envolvidas na maturação do fruto, ainda é escasso. A exemplo da maioria dos frutos tropicais, a acerola é carente de informação com relação a essas transformações, no entanto, tais informações são pré-requisitos para novas tecnologias que possam melhorar a vida de prateleira dos frutos.

A fase de crescimento é uma etapa de desenvolvimento do fruto onde ocorrem as alterações quantitativas que resultam no aumento de peso e volume desse órgão. Tal fase é bastante influenciada por fatores do ambiente, como temperatura, radiação solar e precipitação, além de fatores genéticos intrínsecos de cada material vegetal (BERILLI et al., 2007). Para melhor entendimento das transformações que ocorrem na fase de pré-colheita, bem como dos efeitos dos numerosos fatores que interferem na vida pós-colheita das frutas e das hortaliças, torna-se necessário o conhecimento da fisiologia do desenvolvimento desses órgãos vegetais. É interessante observar que a classificação das partes da planta, tais como frutos, flores, raízes etc., ou o estágio de desenvolvimento delas, é uma importante alternativa satisfatória que permite o entendimento da natureza e a previsão do comportamento do produto colhido (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Raros trabalhos, no entanto, descrevem essas mudanças da acerola a partir do florescimento até o amadurecimento do fruto.

2. OBJETIVOS

GERAL

- ✓ Caracterizar os parâmetros físicos, físico-químicos e químicos da acerola nas diversas fases do seu desenvolvimento, definindo as distintas etapas do processo de maturação dos frutos da aceroleira visando a obter subsídios na determinação dos índices de maturação.

ESPECÍFICO

- ✓ Determinar peso, diâmetro equatorial, diâmetro polar, volume e grau de cor da fruta durante o desenvolvimento da acerola;
- ✓ Determinar umidade, proteína, cinzas, açúcares totais e redutores, pectina e ácido ascórbico durante o desenvolvimento da acerola;
- ✓ Determinar pH, sólidos solúveis e acidez total titulável durante o desenvolvimento da acerola;
- ✓ Determinar carotenóides, clorofila, antocianina e flavonóis durante o desenvolvimento da acerola.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. ACEROLA

3.1.1. CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E CARACTERÍSTICAS GERAIS

Quando começaram os estudos da classificação botânica da aceroleira, a classificaram como *Malpighia puniceifolia* e *Malpighia glabra*. Esse nome *Malpighia* foi dado em homenagem ao fisiologista italiano Marcello Malpighi, um dos pesquisadores que fez uso do microscópio para estudar estruturas animais e vegetais. Mais tarde, os taxonomistas de Porto Rico a classificaram “a cereja das Antilhas” como *Malpighia puniceifolia* e *Malpighia glabra*. Em 1753, a acerola foi classificada por Linaeus, citado por Argles (1976), como *Malpighia glabra*. Em 1762, Linaeus classificou como *Malpighia puniceifolia* a uma espécie similar ou idêntica. Asenjo, citado por Alves (1992), informou que novos estudos haviam permitido concluir que *Malpighia glabra* L. e *Malpighia puniceifolia* L. são sinônimos, embora se apliquem a uma espécie diferente de acerola. Informou por outro lado, que seu nome correto é *Malpighia emarginata* DC (SIMÃO, 1971).

O fruto nasce na aceroleira que é um arbusto de até três metros de altura, seu tronco se ramifica desde a base, e sua copa é bastante densa com pequenas folhas verde-escuras e brilhantes. Suas flores, de cor rósea-esbranquiçada, são dispostas em cachos, têm floração durante todo o ano, e após três ou quatro semanas se dá sua frutificação. A formação do fruto se processa rapidamente entre 22 e 25 dias (NEVES, 2007).

A acerola pertence à família *Malpighia*, o fruto é uma drupa, carnosa, variando na forma, tamanho e peso. Nela, o epicarpo (casca externa) é uma película fina; o mesocarpo é a polpa e o endocarpo é constituído por três caroços unidos, com textura pergaminácea, que dão ao fruto o aspecto trilobado. Cada caroço pode conter no seu interior uma semente, com 3 a 5 mm de comprimento, de forma ovóide e com dois cotilédones (ALMEIDA et al., 2002). As sementes são pequenas, não albuminadas e de tamanhos variáveis, proporcionais ao tamanho do fruto e, consequentemente, ao do "caroço". Essas sementes apresentam baixa porcentagem de germinação, podendo ainda, dependendo do grau de maturação do fruto, levar meses para que germinem, sendo comum a ocorrência de sementes inviáveis, em relação à futura germinação. Isso porque dos três óvulos existentes, apenas um ou dois se desenvolvem em decorrência de

fatores como a má formação do óvulo, a degeneração do saco embrionário e a falta de fertilização do óvulo, dentre outros, que resultam na baixa germinação (COSTA et al., 2003). A diferenciação do botão floral ocorre entre 8 a 10 dias e a antese após 15 a 17 dias. As flores, que são de cor rósea, apresentam 5 sépalas, 5 pétalas, 10 estames e 3 carpelos concrescidos formando um ovário único e súpero. A deiscência das anteras ocorre no dia da antese, pela manhã ou tarde, sempre em flores recém-abertas. Os frutos apresentam-se maduros aos 21 a 25 dias após a antese e com coloração que varia do laranja-claro ao vermelho-escuro e pesam de 2 a 10g (figura 1) (MARTINS et al., 1999).

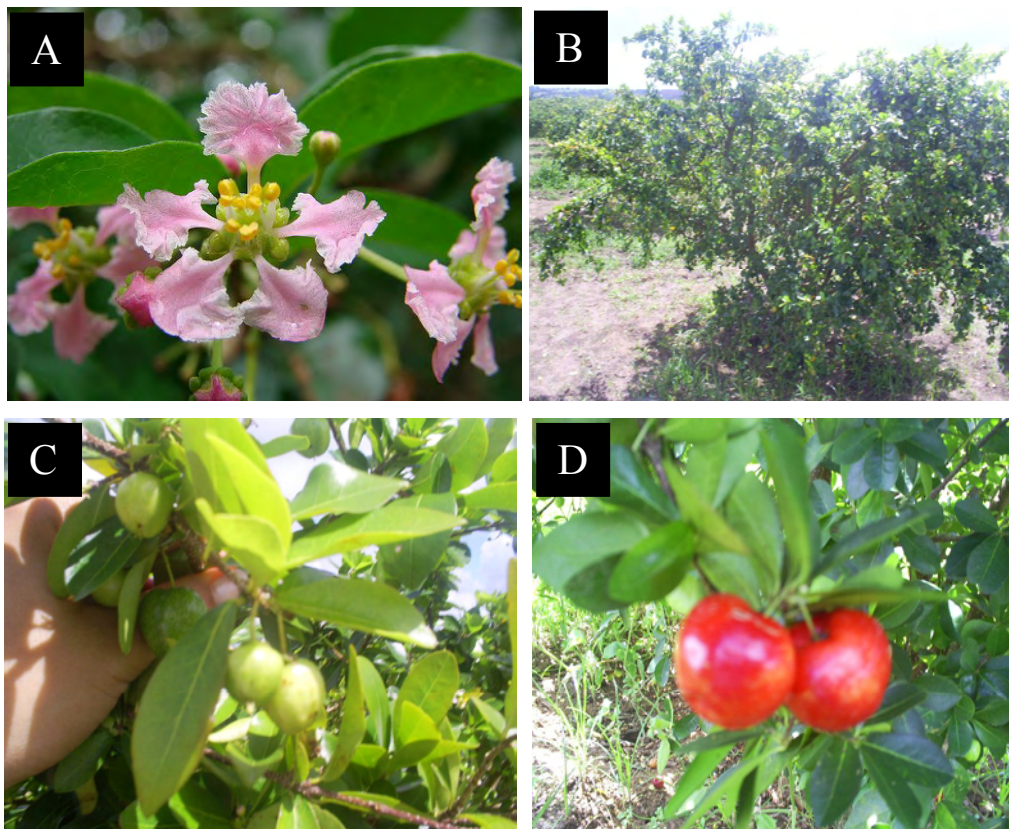


Figura 1 - Aspectos botânicos da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC) A: Flores, B: Planta, C: Frutos verdes D: Frutos maduros.

Fonte: Da própria autora.

3.1.2. ORIGEM E VARIEDADE

A acerola que tem como origem a região das Antilhas, Norte da América do Sul e América Central, de cor avermelhada, foi introduzida no estado de Pernambuco em 1955, através de algumas sementes trazidas de Porto Rico pela professora Maria Celene

Cardoso de Almeida, da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Instituição pioneira na sua divulgação que tem se destacado, no âmbito nacional, pelos vários trabalhos científicos desenvolvidos. Na verdade a exata origem dessa importante acerola ou cereja das Antilhas é desconhecida, sabendo-se, contudo, que ela esteve presente na região do Caribe, de onde através de pássaros imigrantes disseminaram de ilha a ilha. Apesar de ser considerada das Antilhas é tida por alguns autores como planta do sul, ou brasileira por crescer espontaneamente nos estados brasileiros (NETTO, 1986).

A Aceroleira ainda não possui variedades definidas, consistindo em um dos principais fatores que, associado ao plantio de mudas obtidas por via sexuada, levam à grande desuniformidade (quantitativa e qualitativa) da produção brasileira desta fruta. No Brasil, existe uma carência de material genético de elite. Há poucas variedades superiores recomendadas e informações disponíveis a este respeito (MATSSURA et al., 2001). O resultado pode ser visualizado em curto prazo e essa tem sido a principal metodologia adotada nos programas de melhoramento de aceroleira. Por ser a aceroleira uma espécie que pode ser propagada vegetativamente, o genótipo de cada planta pode ser transmitido integralmente por meio das gerações (PAIVA et al., 2003).

3.1.3. IMPORTÂNCIA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

As frutas e os seus produtos têm papel de destaque na dieta por contribuir para a melhoria da nutrição e da saúde dos indivíduos, especialmente para o Brasil que apresenta grande contingente populacional de baixa renda, cuja dieta é extremamente pobre e nutricionalmente desequilibrada. A acerola é uma fruta rica em vitamina C como também carotenóides, tiamina, riboflavina, niacina, proteína e alguns minerais como ferro, cálcio e fósforo. Ela tem sido usada como medicamento para gripes e resfriados, distúrbios pulmonares, doenças do fígado, irregularidades na vesícula biliar. Em altas doses trás efeitos benéficos para o vírus da hepatite, varíola e poliomielite (ASSIS et al., 2001). Segundo Assis et al (2001), a acerola nos estágios verdes e verde imaturo também pode ser usada como fonte alternativa comercial de pectina. Vários pesquisadores vêm estudando a possibilidade de a acerola, por ser rica em compostos antioxidantes e nutritivos, ser utilizada como um agente enriquecedor junto a outras frutas na produção de néctares, sucos, refrigerantes e geléias (MACIEL et al., 2009; MATSUURA et al., 2004; MATSUURA et al., 2002; ARANHA et al., 2004; BARNABÉ e VENTURINI FILHO, 2004; MÉLO et al., 1998). Por ter grande proveito

para as indústrias alimentícias, farmacêuticas e de cosméticos, esta fruta tem atraído o interesse de vários fruticultores e pesquisadores brasileiros.

3.1.4. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL

O cultivo da acerola vem acentuando de forma persistente e tem despertado interesse entre os produtores e consumidores brasileiros e estrangeiros, tanto in natura ou outros subprodutos industriais. O interesse pela acerola e os estudos sobre suas potencialidades econômicas é devido ao alto valor de vitamina C, o que justifica o seu lugar privilegiado diante do mercado consumidor brasileiro (GOMES, 2000).

No final dos anos 80 e início dos anos 90, houve um crescimento expressivo da cultura da acerola em contrapartida com um crescimento desordenado dos plantios. Houve maior inclusão de produtores que foram atraídos pela possibilidade de ganhos elevados em curto prazo, face à grande demanda do produto no mercado externo e, posteriormente, no próprio mercado interno. Devido à falta de planejamento, muitos produtores sofreram grandes prejuízos pela dificuldade de escoamento da produção, associada à carência de infra-estrutura adequada ao processamento e conservação pós-colheita dos frutos, que são altamente perecíveis (OLIVEIRA e SOARES FILHO, 1998).

A importância econômica da acerola nas estatísticas é prejudicada pela falta de boas práticas no manuseio, transporte, estocagem, associada à alta perecibilidade e a falta de infra-estrutura para seu processamento e conservação que são responsáveis por elevadas perdas, chegando a atingir até 30% da produção. Esta fruta, por possuir modelo climatérico de respiração apresenta problemas de comercialização *in natura*, chegando a atingir de 15 à 40% de perdas pós-colheita (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Quanto ao destino da produção, cerca de 60% permanecem no mercado interno e 40% destinam-se para o mercado externo (OLIVEIRA e SOARES FILHO, 1998), especialmente para o Japão, Europa e Estados Unidos (COELHO et al., 2003). No Brasil, a cultura da acerola oferece grandes possibilidades de sucesso, devido às condições climáticas favoráveis, principalmente na parte tropical do território nacional e pelo aspecto nutricional para a saúde pública, particularmente das populações economicamente mais carentes (SOUZA et al., 2006).

3.1.5. FISILOGIA DA MATURAÇÃO

A vida do fruto, de modo geral, apresenta três fases distintas: crescimento, maturação e senescência. A maturação envolve muitas mudanças metabólicas na síntese e degradação de inúmeros compostos (CORREA et al., 2000). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o desenvolvimento compreende a formação, o crescimento e a maturação do fruto que ocorre mediante uma série dinâmica de processos fisiológicos e bioquímicos.

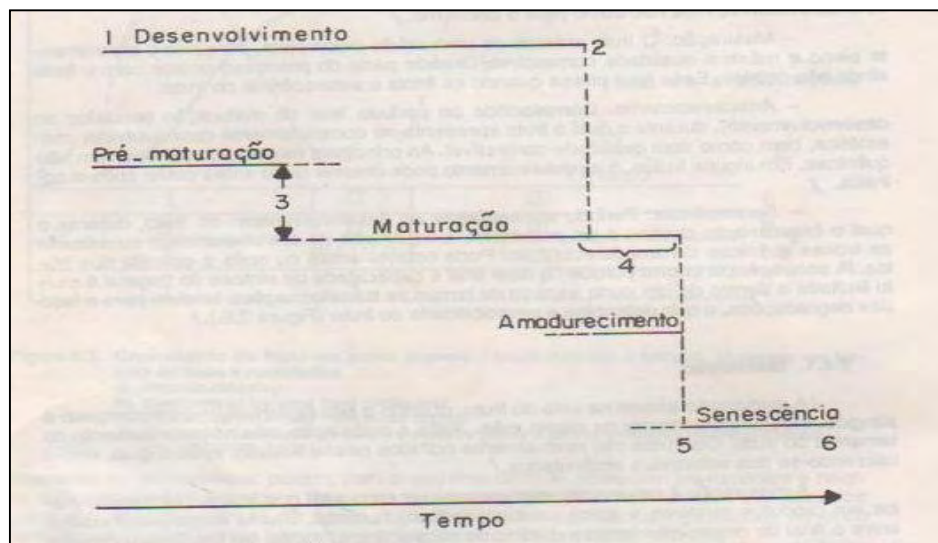


Figura 2 - Etapa do ciclo vital dos frutos.

Fonte: Ryall e Lipton, (1979).

No crescimento ocorre acúmulo de carboidrato e água e esta fase é totalmente dependente da planta mãe. O estágio de desenvolvimento que antecede a maturação é chamado de pré-maturação e geralmente inclui a metade do período entre a floração e a colheita. Esta fase termina quando o fruto se torna aceitável. A maturação atinge quando o fruto está completamente desenvolvido em busca de tornar-se comestível e não depende da planta mãe. As principais mudanças que ocorrem na maturação são o aumento de volume, o desenvolvimento das sementes, mudanças de cor, mudanças da taxa respiratória, da textura, produção de etileno, alteração na permeabilidade nos tecidos, mudanças químicas nos carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, fenólicos pigmento e pectina, e produção de substâncias voláteis e outras substâncias na casca (CHITARRA e CHITARRA, 2005). O amadurecimento corresponde ao período final da maturação quando o fruto se apresenta completamente desenvolvido e com qualidade

comestível. Durante o amadurecimento ocorrem inúmeras transformações de síntese e degradação, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Transformações que ocorrem durante o amadurecimento de frutos

Sínteses	Degradações
Manutenção da estrutura mitocondrial	Destruição dos cloroplastos
Formação de carotenóides e antocianinas	Quebra da clorofila
Interconversão de açúcares	Hidrólise de amido
Aumento na atividade do ciclo de Krebs	Destruição de ácidos
Aumento na formação de ATP	Oxidação de substratos
Síntese de voláteis aromáticos	Inativação de fenólicos
Aumento na incorporação de aminoácidos	Solubilização de pectinas
Aumento na transcrição e tradução	Ativação de enzimas hidrolíticas
Preservação de membranas seletivas	Início de rompimento de membranas
Formação da via de etileno	Amaciamento da parede celular induzida pelo C_2H_4

Fonte: Biale e Young (1961)

Os índices de maturidade são importantes na decisão de quando um determinado produto deve ser colhido, que depende da necessidade do mercado, do período de transporte ou da necessidade do consumidor. É baseada nisto que a maturidade pode ser dividida em maturidade comercial, que é o período da vida do órgão ou da planta requerido para a sua comercialização. Que pode ser em qualquer etapa da vida do produto. E, a maturidade fisiológica, que se refere ao período de vida do fruto quando ocorre o crescimento máximo e a maturação adequada. Os índices de maturidade têm que ser rápidos e fáceis de ser aplicado pelos produtores, operários ou técnicos de controle de qualidade (CHITARRA e CHITARRA,2005).

O processo de amadurecimento na fruta é acompanhado da síntese de proteínas e de novos mRNA junto com compostos responsáveis pelo sabor e pigmentos. A síntese exige energia e carbono que são fornecidos ao tecido da fruta por um processo de respiração (SAMPAIO et al., 2007). Como um organismo vivo, o fruto é um órgão de intensas trocas gasosas principalmente de respiração. A respiração consiste na oxidação de açúcar ou amido para produção de energia (ATP). Os frutos são, portanto classificados em climatéricos e não climatéricos com base na atividade respiratória. Os frutos climatéricos são caracterizados por um aumento da taxa respiratória no final da maturação, fenômeno esse chamado subida climatérica. Esse aumento ocorre tanto no

fruto preso à árvore como após a colheita. Os eventos do amadurecimento ocorrem rapidamente com grande demanda de energia. Segundo Campbell e Labavitch (1991), o etileno tem um papel crítico na indução e na coordenação de processos de amadurecimento na fruta climatérica. Conforme Lohani et al.,(2004), em frutos climatéricos o aumento severo na produção de etileno no início do amadurecimento é considerado o processo regulador chave responsável por trazer mudanças em atributos fisiológicos e bioquímicos. Os frutos não climatéricos não apresentam picos de evolução de CO₂ e etileno, apresentando amadurecimento lento sem grande demanda de energia.

3.1.6. MUDANÇAS FÍSICAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO FRUTO

O desenvolvimento do fruto pode ser dividido em cinco fases: fertilização, formação, crescimento, maturação e senescência. As principais mudanças físicas que ocorrem no desenvolvimento do fruto são forma (diâmetro-equatorial e polar), peso, volume, cor e textura.

3.1.6.1. DIÂMETRO EQUATORIAL E POLAR

O tamanho do fruto é avaliado pela circunferência, diâmetro, comprimento, largura, peso ou pelo volume. Os frutos são, em geral, avaliados pelo diâmetro. O tamanho é usualmente limitante como índice de maturidade em frutos, especialmente naquela comercializada em fase precoce. Durante o crescimento ocorre multiplicação das células e aumento do seu volume, os quais determinam o tamanho final do fruto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A dimensão do fruto de acerola é uma característica física relevante na seleção de variedades comerciais. Quanto maior o fruto, mais fácil e rápida é a sua colheita, demandando menos mão-de-obra e, conseqüentemente, reduzindo os custos de produção (MUSSER et al., 2005).

3.1.6.2. PESO E VOLUME

O peso se correlaciona com o tamanho do produto e constitui uma característica varietal. Ao atingirem o pleno desenvolvimento, as frutas devem apresentar peso

variável dentro dos limites típicos da cultivar, os quais são bastante flexíveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3.1.6.3. COR

A cor é um fenômeno físico-sensorial que está diretamente relacionado ao objeto em questão ou pigmento, à fonte iluminadora e ao observador. Para a descrição detalhada da coloração de um objeto, é necessária a análise de três atributos da cor: a sua tonalidade (vermelha, verde, azul, etc), luminosidade (clara e escura) e saturação (pureza da cor). O acompanhamento das alterações da cor através das medidas colorimétricas torna-se importante porque estão livres de erros inerentes às interpretações visuais, como o efeito da mudança de fonte e de observador (ROSSO, 2006). As modificações na coloração das frutas com a maturação ocorrem devido, tanto a processos degradativos, como a processos sintéticos. Elas correspondem a um dos principais critérios de julgamento para identificação do amadurecimento de frutas (CHIATTRA e CHITARRA, 2005). Segundo Prati (2005) na determinação de cor dos produtos, o valor **L** expressa a luminosidade ou claridade da amostra e varia de 0 a 100; assim sendo, quanto mais próximo de 100, mais clara é a amostra e quanto mais distante, mais escura. Já os valores de **a** mais positivos indicam tendência à coloração vermelha e mais negativos, coloração verde. Os valores de **b** mais positivos expressam maior intensidade de amarelo e mais negativos, maior intensidade de azul.

3.1.7. MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO FRUTO.

3.1.7.1. SÓLIDOS SOLÚVEIS E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O teor de sólidos solúveis tem sido utilizado como índice de maturidade para alguns frutos (ANTUNES et al., 2006). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os sólidos solúveis são expressos em °brix ou quantidade em gramas de sólidos solúveis existente em 100 ml de solução e tem tendência de aumento com a maturação. O pH (potencial hidrogênionico) representa o inverso da concentração de íons hidrogênio (H^+) (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3.1.8. MUDANÇAS QUÍMICAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO FRUTO

3.1.8.1. AÇÚCARES

A mobilização dos carboidratos de reserva na forma de amido, ácidos orgânicos ou na própria forma de sacarose translocada da planta para o fruto, levando ao acúmulo de açúcares, é um dos principais eventos bioquímicos que ocorre durante o crescimento (SEYMOUR et al., 1996 citado por ROSSETTO et al., 2004). Os carboidratos mudam tanto em qualidade como em quantidade durante o amadurecimento do fruto (CORREA et al., 2000). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os açúcares simples encontram-se principalmente nos frutos maduros, enquanto o amido está presente em frutos verdes. Em condições normais, o amido e os açúcares solúveis encontram-se em equilíbrio dinâmico, com degradação de alguns açúcares a CO_2 durante o processo respiratório e com tendência de acúmulo do amido.

3.1.8.2. PECTINA

As substâncias pécicas são divididas em três substâncias: Protopectinas são semelhantes às substâncias pécicas e sofrem hidrólise restrita resultando em pectina e pectinas ácidas. Protopectina é um termo usado ocasionalmente para descrever as substâncias pécicas insolúveis em água encontradas em tecidos de plantas e são utilizadas para produzir substâncias pécicas solúveis. Ácidos pécicos são galacturonanas contendo pequena quantidade de grupos metoxil. Sais de ácidos pécicos são chamados de pectatos. Ácidos pectínicos são galacturonanas com vários montantes de grupos metoxil. Possuem a propriedade de formar um gel com açúcares e ácidos ou com certos outros compostos. Pectina é um nome genérico para a mistura de diferentes compostos onde o ácido pectínico é o maior componente. Sua forma nativa está localizada na parede celular e pode estar interligada com outros polissacarídeos estruturais e proteínas para formar a protopectina insolúvel (KASHYAP et al., 2001).

Com relação às mudanças na firmeza, estas estão associadas, em grande escala, com as transformações das substâncias pécicas que estão presentes na parede celular e lamela média. Quando o fruto amadurece, o conteúdo de pectatos e pectinatos aumenta, enquanto o total de pectina diminui. Com a evolução da maturação, ocorrem liberação do cálcio e solubilização do polímero pécico pela ação das enzimas

pectinametilesterase (PME) responsável pela ligação do grupo metil ester e poligalacturonase (PG), que transforma os polímeros em ácidos pécticos, solúveis em água (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Com as mudanças das substâncias pécticas, a firmeza do fruto decresce (NOGUEIRA, 2005). Naturalmente, a pectina está associada à celulose, hemicelulose e lignina, sendo designada enquanto nesta forma de protopectina. Em uma fruta não madura, a pectina é ligada as microfibrilas da celulose na parede celular. Tal pectina é insolúvel e confere maior rigidez nas paredes celulares. Entretanto, durante o amadurecimento da estrutura da pectina o fruto é alterado por enzimas naturais nas frutas. Estas alterações envolvem quebra da cadeia da pectina (figura 3).

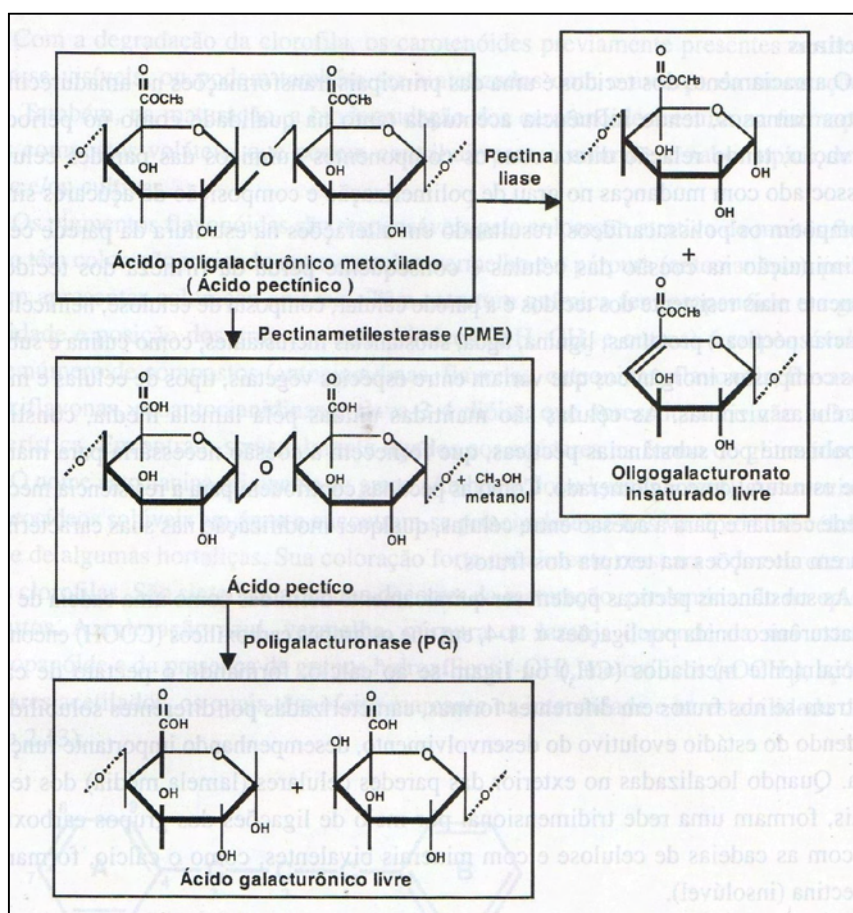


Figura 3 - Estrutura química e esquema de degradação enzimática das pectinas.
Fonte: Da Silva et al., (1997) citado por Chitarra e Chitarra (2005).

Inicialmente a rigidez da parede celular é dada pela presença da pectina possivelmente em combinação com outros constituintes celulares (fruto verde), dando-se a chamada protopectina. Essa associação tornará sua estrutura insolúvel em água e pode ser gerada especialmente por ligação covalente as microfibrilas das hemiceluloses (ou por outros componentes celulares de ligações secundárias), pela presença de íons

positivos (principalmente cálcio) ou a existência de emaranhados moleculares entre as substâncias pécicas e outros polímeros da parede celular (GAVA, 1998; ASSIS et al., 2001).

Devido a sua característica de insolubilidade, a protopectina é protegida da degradação por agentes como enzimas, alcalóides e ácidos que podem estar atuando no tecido da planta, tendo a função primária relacionada com a manutenção da forma e firmeza de frutos e hortaliças. Entretanto, durante a maturação da fruta, esta é quebrada e a celulose retira sua proteção sobre a pectina, tornando-a então suscetível às substâncias degradativas. Esse processo resulta em uma diminuição no grau de polimerização e conseqüente diminuição da rigidez da célula (KASHYAP, et al., 2001; ASSIS et al., 2002).

3.1.8.3. ÁCIDO ASCÓRBICO

A vitamina C é definida em termo genérico como todo composto que exibe atividade biológica como o ácido L-ascórbico (AA). O AA é o principal composto biologicamente ativo, mas ácido L-dehidroascórbico (DHA), um produto da oxidação, que igualmente exibe atividade biológica (LEE e KADER, 2000). As reações de degradação do ácido ascórbico dependem de vários fatores como pH, temperatura, presença de oxigênio ou metais como cobre (BATISTA et al., 2000). O ácido L-ascórbico possui a estrutura de um diol que é oxidado formando o ácido L-dehidroascórbico (figura 4) (DEUTSCH, J.C, 2000; FORNARO e COICHEV, 1998).

O ácido L ascórbico é largamente distribuído no reino vegetal. Alguns frutos tropicais tais como acerola e camu-camu fornecem alto teor de vitamina C a baixo custo (ALBERTINO et al., 2009). Segundo Lee e Kader (2000), o ácido ascórbico presente no tecido das plantas é ativado durante o crescimento e desenvolvimento do fruto, e a quantidade varia quanto à espécie e ao cultivar. Segundo Mapson (1970) em primeira instância a síntese do ácido ascórbico depende de uma fonte adequada de açúcares, e da atividade fotossintética. Como seria esperada, uma diminuição na atividade fotossintética induzida pela redução da intensidade de luz reflete uma diminuição nos níveis de ácido ascórbico. O fator que influencia a síntese do ácido ascórbico durante a pré-colheita não é a luz, mas sim a intensidade da luz durante as estações (LEE e KADER, 2000). Conforme Albertino et al., (2009), o teor da vitamina C depende muito do clima, estação, local de crescimento, e especialmente do estágio de desenvolvimento.

O fruto maduro contém menor teor dessa vitamina enquanto que no não-maduro o teor dessa vitamina pode representar mais que 4,5%, 90 vezes a mais do que a casca de laranja. Um caminho biossintético para o ácido ascórbico foi proposto em que a D-manose e a L-galactose servem como substâncias intermediárias chaves. Esses carboidratos sofrem duas reações sequenciais de oxidação para formar L-galactono-1,4-lactona e finalmente ácido ascórbico (Figura 5). As enzimas que catalisam as reações numeradas são: (1) hexoquinase; (2) fosfoglucose isomerase; (3) fosfomanose isomerase; (4) fosfomanose mutase; (5) GDP-D-manose pirofosforilase; (6) GDP-manose-30,50- epimerase; (7) GDP-L-galactose pirofosforilase; (8) L-galactose-1-fosfatase; (9) L-galactose dehidrogenase (10) L-galactono-I, 4-lactone dehidrogenase (SMIRNOFF EWHEELER, 1998).

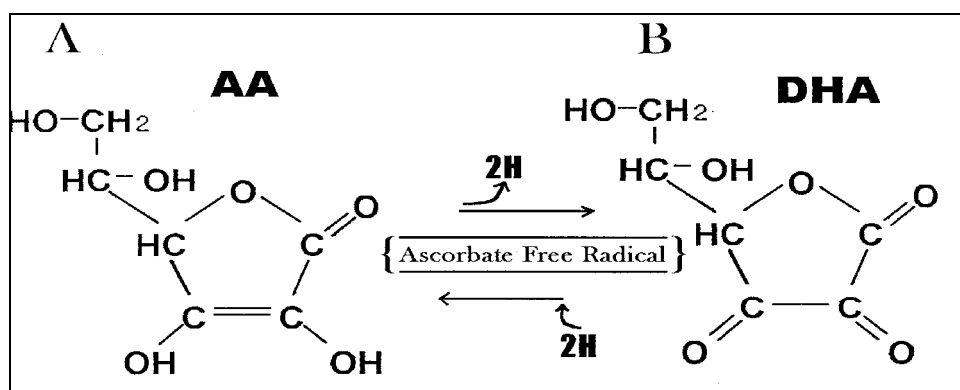


Figura 4 - A estrutura e a reação reversível entre AA e DHA (A, B).

Fonte: Deutsch. Jc, (2000).

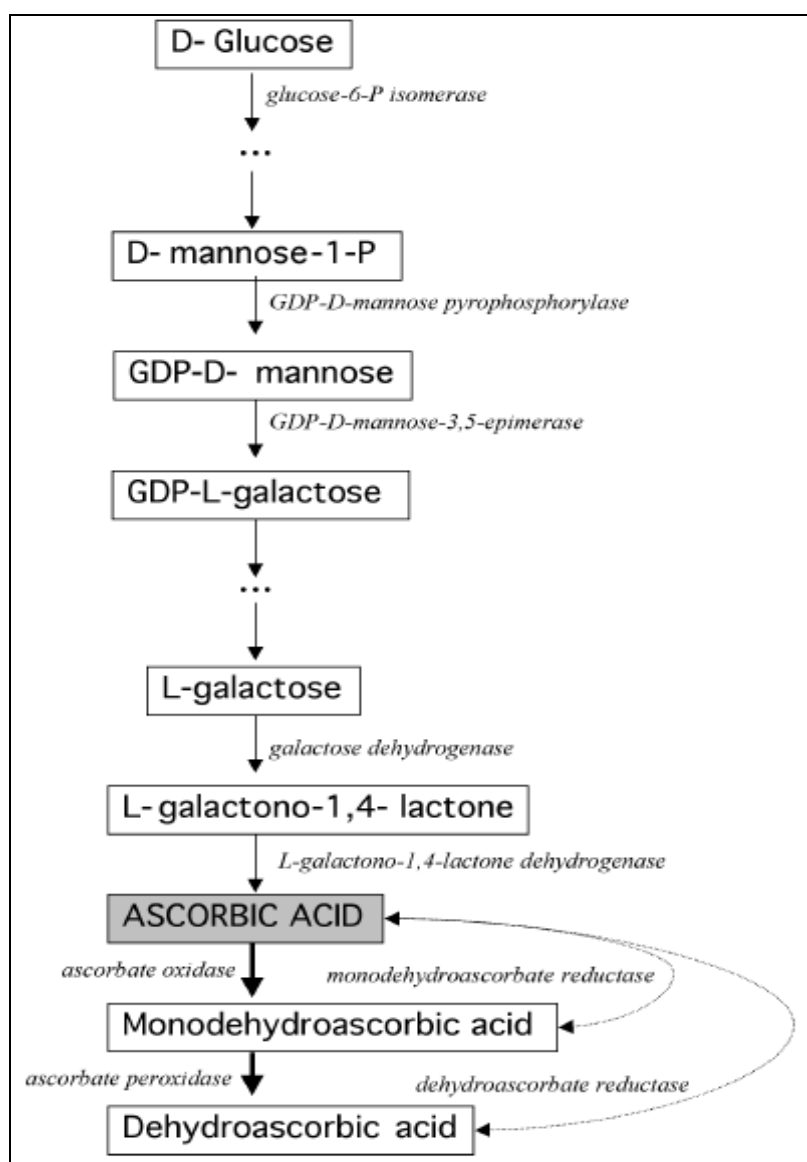


Figura 5 - Síntese do ácido ascórbico.

Fonte: Barata-Soares et al., (2004).

3.1.8.4. ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Os ácidos presentes no suco de acerola são o ascórbico (AA), o dehidroascórbico (DHA), o 2,3-dicetogulônico (DCG), o L-málico e o cítrico (BATISTA et al, 2000). Os frutos com o amadurecimento perdem rapidamente a acidez. Em alguns casos, há um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação. O teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui com a maturação em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares. Sendo o período de maturação o de maior atividade metabólica, os ácidos constituem uma excelente

reserva energética do fruto através de sua oxidação do ciclo de Krebs (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os ácidos orgânicos são intermediários do ciclo tricarboxílico (do TCA), do processo respiratório. Embora uma série de enzimas que participam do processo respiratório fosse sabida por muito tempo, seu regulamento e o controle são compreendidos menos. Estas enzimas incluem a carboxilase do fosfoenolpiruvato (PEPC, EC 4.1.1.31), o sintase do citrato (CS, EC 4.1.3.7), o aconitase (ACO, EC 4.2.1.3), o dehidrogenase do isocitrato (IDH, EC 4.1.1.41), o dehidrogenase do malato (MDH, EC 1.1.1.37), e a enzima málico (MIM, EC 1.1.1.40) (MI TANG et al., 2010).

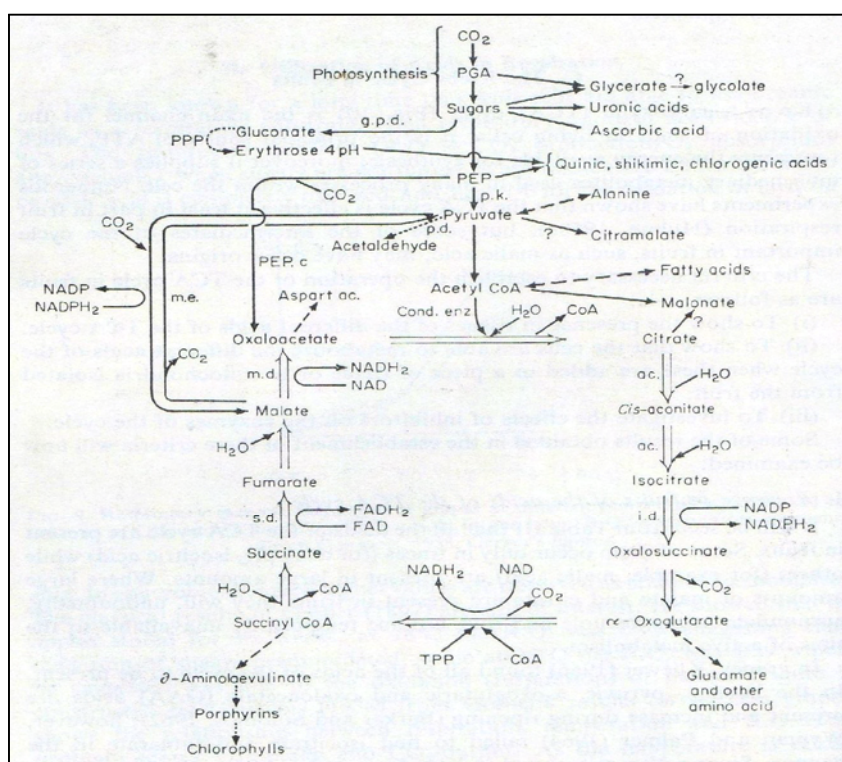


Figura 6 - Ciclo de Krebs com a síntese dos ácidos orgânicos ou outros importantes constituintes.

Fonte : Hulme (1970).

3.1.8.5. ANTOCIANINA E FLAVONÓIS

Como bem conhecido a função fisiológica da antocianina e flavonóis nas plantas é de atrair polinizadores e na disseminação de semente (HUBER e RODRIGUES-AMAYA, 2009; WINKEL-SHIRLEY, 2001). Conforme Volp et al., (2008), os flavonóides protegem o organismo do ser humano ao dano produzido por agentes

oxidantes como os raios ultra violeta, poluição ambiental, substâncias químicas presentes nos alimentos, estresses dentre outros .

A estrutura dos flavonóides é baseada no núcleo que consiste de anéis fenólicos A e B e um anel C, que pode ser um pirano heterocíclico como no caso de flavonois (catequinas) e antocianidinas, ou pirona, como nos flavonois, flavonas, isoflavonas e flavononas, que possuem um grupo carbonila na posição C-4 do anel C compreendendo as principais classes de flavonóides (HUBER e RODRIGUES- AMAYA, 2008).

Os flavonóides são formados pela combinação de derivados sintetizados a partir da fenilalanina (via metabólica do ácido shiquímico) e ácido acético. Primeiramente, a fenilalanina é transformada em ácido cinâmico pela ação da fenilalanina amônio liase, enzima que liga os metabolismos primários (via do ácido shiquímico) e secundários (fenilpropanóides). Em seguida, o ácido cinâmico é hidrolisado a ácido cumárico (C9) que é transformado em 4-cumaril-CoA e este é condensado a 3 unidades de malonil-CoA (C2) formando uma calcona (C15), a partir da qual todos os flavonóides são formados (figura 7) (WINKEL-SHIRLEY, 2001). Antocianina pertence à classe geral de compostos fenólicos conhecidos como flavonóides. A síntese da antocianina na primeira etapa é a condensação de três moléculas do malonil CoA. A segunda etapa é a isomerização da calcona em uma flavona assim que para dar um dihidroflavonol que seja reduzido pelo dihidroflavonol 4-redutase (DFR) para render uma leucoantocianidina. Este composto é convertido então em uma antocianidina catalisada pelas enzimas. A última etapa mostrada, glicosilação da antocianidina para dar uma antocianina (DOONER e ROBBINS, 1991).

Em acerola, evidencia-se uma grande variação no teor de antocianinas influenciando conseqüentemente a cor dos frutos (LIMA et al., 2002b). A acerola muda de tonalidade com a maturação, passando do verde ao amarelo, laranja, vermelho ou roxo (PORCU e RODRIGUEZ-AMAYA, 2003) devido, sobretudo, à degradação da clorofila e à síntese de antocianinas e de carotenóides.

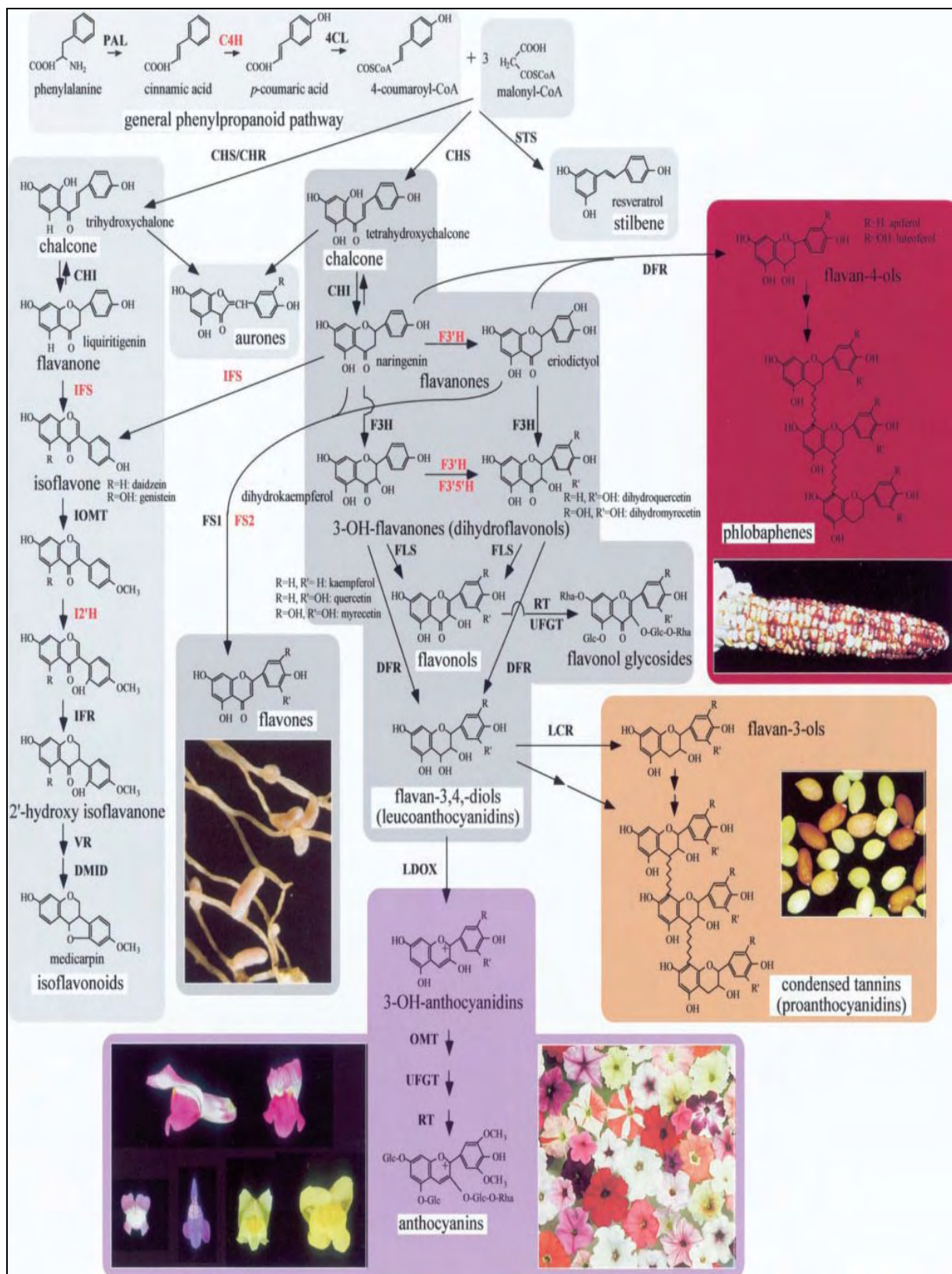


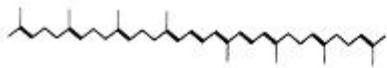
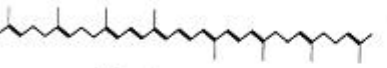
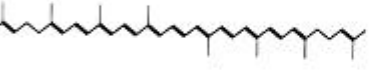
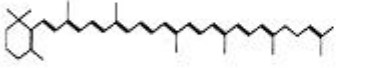
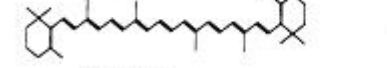
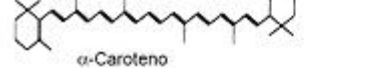
Figura 7 - Síntese dos flavonóides.
Fonte: WINKEL-SHIRLEY, 2001.

3.1.8.6. CAROTENÓIDES

Os carotenóides são componentes essenciais nas membranas fotossintéticas em todas as plantas. A estrutura básica dos carotenoides é um tetraterpeno de 40 carbonos, simétrico e linear formado a partir de oito unidades isoprenoides de 5 carbonos unidas de maneira tal que o ordem se inverte ao centro. O esqueleto básico pode se modificar de várias maneiras como por exemplo por hidrogenação, dehidrogenação, ciclização, migração da dupla ligação (RODRIGUES – AMAYA, 1999).

A biossíntese dos carotenóides apresenta um padrão para todos os terpenoides. O primeiro precursor específico na biossíntese dos terpenoides é o ácido mevalônico. O ácido mevalônico, após uma série de reações, forma geranyl difosfato (10 C), farnesil difosfato (15 C) e geranyl-geranyl difosfato (20 C). A dimerização de duas moléculas de geranyl-geranyl difosfato forma o fitoeno, sendo este o primeiro composto de quarenta carbonos, embora ainda sem coloração. Segue-se uma série de desaturações a partir do fitoeno para formar fitoflueno, ζ -caroteno, neurosporeno e, finalmente licopeno. A ciclização pode ocorrer a partir do neurosporeno ou licopeno. O neurosporeno sofre ciclização em uma das extremidades, formando o anel β de β -zeacaroteno ou o anel α de α -caroteno. Estes dois carotenoides são transformados em γ -caroteno e δ -caroteno, respectivamente, pela introdução de uma dupla ligação, estendendo o sistema de dupla ligação conjugadas. O licopeno pode também ser ciclizado em uma das extremidades, gerando γ -caroteno e δ -caroteno. Estes carotenos monocíclicos sofrem ciclização na outra extremidade, resultando em β -caroteno e α -caroteno, respectivamente. Após a formação dos carotenóides cíclicos, tem-se a introdução de substituintes, como a hidroxila, gerando xantofilas. Na figura têm-se a formação das xantofilas a partir do α -caroteno e β -caroteno (Figura 8) (VALDUGA et al., 2009).

Tabela 2 - Estrutura e características dos carotenóides comuns nos alimentos.

Estructura	Características
 Fitoflueno	acíclico, incoloro
 ξ-Caroteno	acíclico, amarillo suave
 Licopeno	acíclico, rojo
 γ-Caroteno	monocíclico (1 anillo β, rojo-naranja)
 β-Caroteno	bicíclico (2 anillos β) naranja
 α-Caroteno	bicíclico (1 anillo β, 1 anillo γ), amarillo

Fonte: Rodrigues – Amaya, 1999.

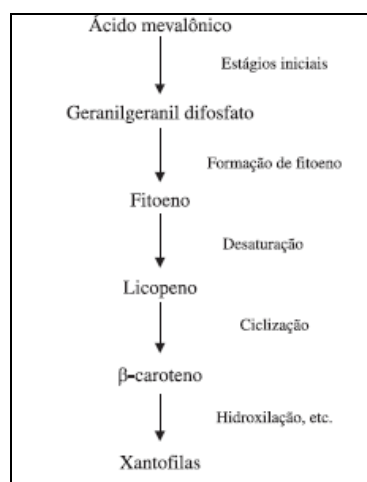


Figura 8 - Fluxograma dos estágios da biossíntese de carotenóides.

Fonte: Valduga et al., 2009.

3.1.8.7. CLOROFILA

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a clorofila é abundante nos frutos de cor verde, principalmente em folhas e frutos jovens. Quimicamente, a clorofila não é uma molécula isolada, mas compreende uma família de substâncias semelhantes entre si, designadas de clorofila *a*, *b*, *c* e *d*. Estruturalmente são moléculas complexas, pertencentes à classe das porfirinas, formadas por 4 anéis pirrólicos e um quinto anel isocíclico, localizado ao lado do terceiro anel pirrólico (Figura 9) (LANFER-MARQUEZ, 2003).

A Clorofila é o pigmento utilizado para realizar a fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético), enquanto que os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios. Os principais pigmentos acessórios também incluem outros tipos de clorofilas: Clorofila *b*, presente em vegetais superiores, algas verdes e algumas bactérias; Clorofila *c*, em feofitas e diatomáceas; e Clorofila *d*, em algas vermelhas (TAIZ e ZIEGER, 2004).

A biossíntese da clorofila começa com a pequena construção de moléculas de acetato e da glicina, que são parte do ciclo metabólico básico. Estas moléculas pequenas são condensadas em uma série de etapas de *n* para dar forma ao protoporfirinas complexo da molécula (Figura. 10, à fórmula IV). Das protoporfirinas duas classes de compostos são dadas forma, a saber: as porfirinas do ferro ou hemes; e as porfirinas de magnésio que dão a ascensão eventualmente à clorofila (GRANICK, 1951).

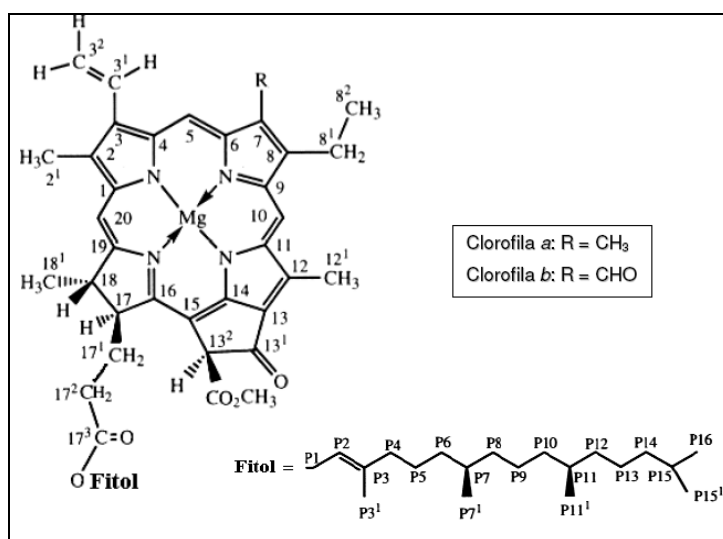
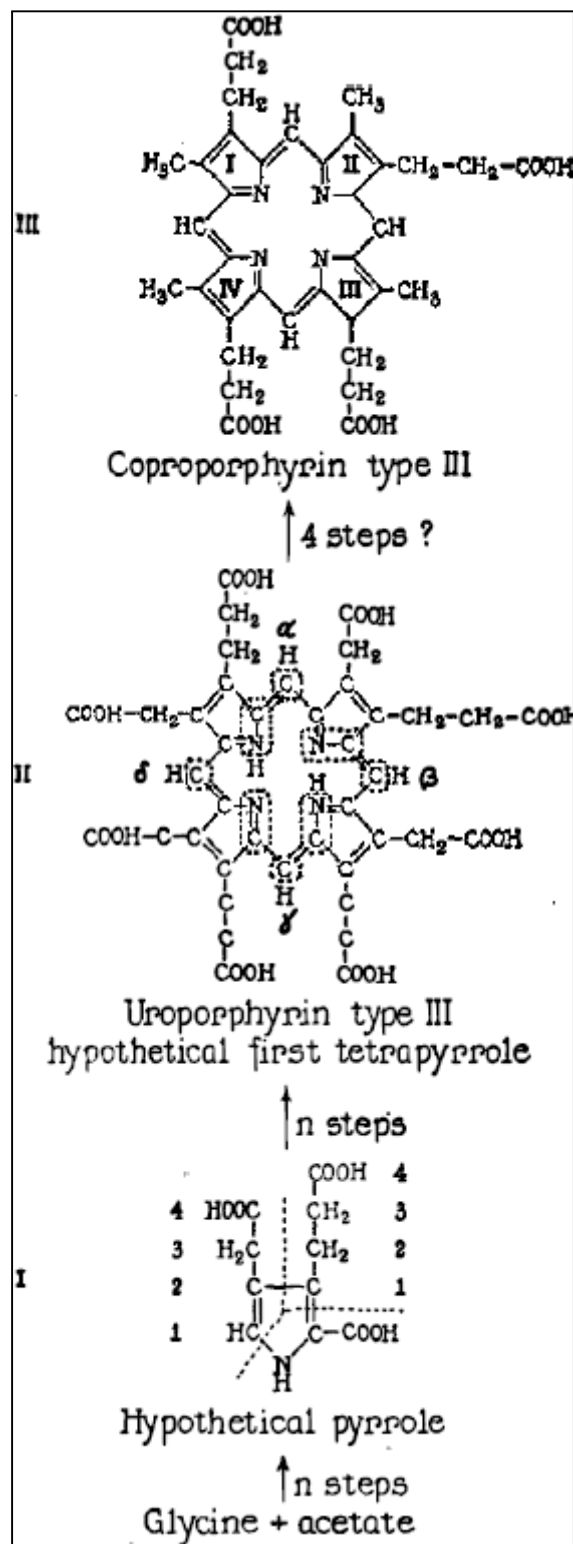


Figura 9 – A molécula de clorofila, com o sistema de numeração mais utilizado atualmente.

Fonte: Adaptado de Hyvarinen & Hynninen, 1999.



4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

O material foi colhido na fazenda Morimtzu situado no município de Alhandra-PB. Foram selecionadas 150 plantas de aceroleira da variedade Okinawa nas quais foram marcadas as flores abertas por ocasião da antese com fitas de diferentes cores em posições distintas da planta. Imediatamente após a formação do fruto, aproximadamente 7 dias após a antese e depois no intervalo 2 e 4 dias frutos foram coletados com o objetivo de verificar o seu desenvolvimento. Os frutos foram coletados no período de inverno de Julho à Agosto de 2009.

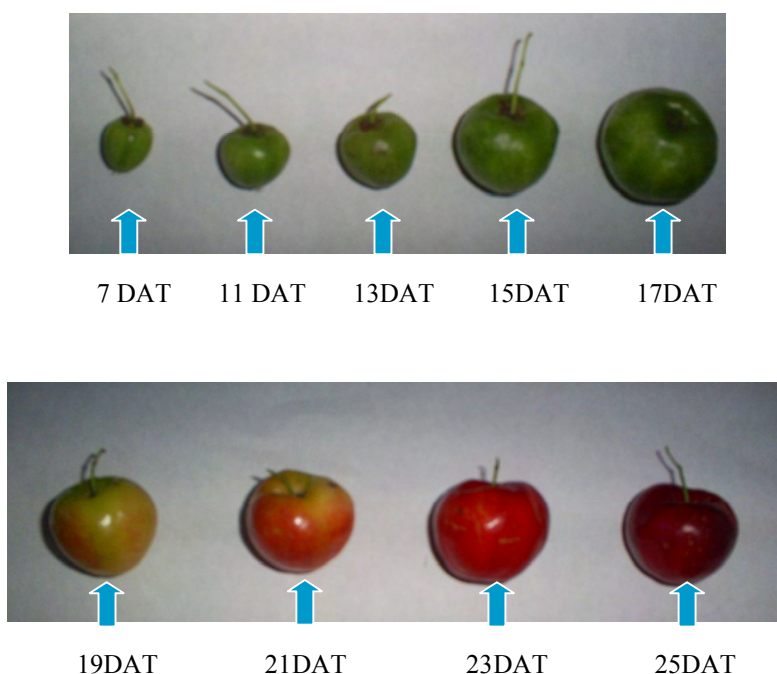


Figura 11 - Escala de desenvolvimento da acerola (*Malpighia emarginata* DC) variedade Okinawa.

4.2. LOCALIZAÇÃO, CLIMA E MANEJO DA ÁREA DE CULTIVO

O local possui clima do tipo Tropical Chuvoso com verão seco. A precipitação média anual é de 1.600 mm. A área de plantio apresenta as seguintes características: O solo é do tipo arenoso, o quadrante está localizado na posição Leste e uma área de 15x15 hectares. Os dados climáticos foram coletados de João Pessoa da Estação Meteorológica da UFPB no Laboratório de Energia Solar, tendo em vista da indisponibilidade de estação meteorológica em Alhandra.

Tabela 3 - Dados meteorológicos de João Pessoa.

Data	Hora	Temperatura	Umidade	Pressão	Vento		Nebulosidade	Dados diários		
		(°C)	(%)	(hPa)	Vel. (m/s)	Dir. (°)		Temperatura Máx. (°C)	Temperatura Mín. (°C)	Chuva (mm)
18/7/2009	0	23.8	94	1,016.4	1.5	18	8	28.0		
18/7/2009	12	22.6	96	1,016.5	1.5	18	10		19.8	12.0
18/7/2009	18	23.8	93	1,013.5	0.0	0.0	9			11.6
21/7/2009	0	25.4	92	1,015.6	2.1	9	9	28.6		
21/7/2009	12	26.6	84	1,015.7	2.1	14	8		21.8	6.4
21/7/2009	18	23.6	95	1,014.4	0.0	0.0	10			6.0
22/7/2009	0	23.6	97	1,014.7	1.5	14	9	27.1		
22/7/2009	12	25.2	98	1,015.6	1.5	23	9		21.5	44.9
22/7/2009	18	26.8	81	1,012.9	3.0	14	8			2.6
23/7/2009	0	24.2	96	1,014.4	0.0	18	6	29.7		
23/7/2009	12	28.2	75	1,015.0	2.1	9	5		22.1	15.4
23/7/2009	18	28.0	76	1,013.8	6.0	18	6			
24/7/2009	0	26.6	79	1,014.1	1.5	9	5	29.7		
24/7/2009	12	28.0	73	1,015.8	1.5	9	4		21.1	0.6
24/7/2009	18	28.4	75	1,013.9	3.0	14				
25/7/2009	0	26.0	90	1,015.3	2.1	14	4	28.2		
25/7/2009	12	24.8	90	1,016.9	0.5	27	10		20.5	6.0
25/7/2009	18	27.2	78	1,014.3	4.0	14	8			1.2
26/7/2009	0	25.6	84	1,015.8	1.5	14	3	27.5		
26/7/2009	12	26.4	74	1,016.9	2.1	14	5		20.8	3.4
27/7/2009	0	23.4	92	1,015.8	1.5	18	3	28.5		
27/7/2009	12	26.8	77	1,016.5	1.5	14	8		19.6	0.4
27/7/2009	18	27.0	77	1,014.6	6.0	5	5			
28/7/2009	0	24.8	79	1,015.7	1.5	18	5	28.4		
28/7/2009	12	26.6	77	1,015.9	2.1	18	3		19.6	0.4
28/7/2009	18	27.6	69	1,014.2	4.0	5	3			
29/7/2009	0	25.4	87	1,015.4	2.6	18	4	29.4		
29/7/2009	12	27.0	77	1,016.1	1.5	18	3		19.4	0.0
29/7/2009	18	26.6	75	1,014.8	4.0	14	8			
30/7/2009	0	24.4	88	1,015.5	3.1	18	3	29.0		
30/7/2009	12	26.8	75	1,016.5	1.5	14	6		20.3	4.0
30/7/2009	18	27.6	73	1,015.4	2.0	5	4			
31/7/2009	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0	29.6		
31/7/2009	12	26.0	73	1,017.0	1.5	18	6		19.4	1.0
31/7/2009	18	27.6	81	1,014.9	2.6	14	8			
1/8/2009	0	23.6	90	1,016.8	1.0	23	8	29.4		
1/8/2009	12	28.0	69	1,017.2	1.0	14	4		18.6	0.0
1/8/2009	0	23.6	90	1,016.8	1.0	23	8	29.4		
1/8/2009	12	28.0	69	1,017.2	1.0	14	4		18.6	0.0
1/8/2009	18	24.8	91	1,014.9	3.1	14	9			
2/8/2009	0	25.6	74	1,015.6	1.5	18	5	29.6		
2/8/2009	12	28.2	70	1,017.0	3.1	14	6		21.1	9.6
2/8/2009	18	28.6	68	1,014.5	2.6	14	5			
3/8/2009	0	26.4	81	1,016.0	2.1	14	8	29.4		
3/8/2009	12	28.2	73	1,017.1	5.1	14	4		21.5	4.0
3/8/2009	18	28.4	66	1,015.3	3.1	14	4			
4/8/2009	0	24.2	84	1,016.4	1.5	18	3	29.3		
4/8/2009	12	27.0	79	1,016.8	3.1	14	8		21.1	2.6
4/8/2009	18	28.2	71	1,014.5	3.1	9	5			

Fonte: Estação Meteorológica da UFPB, dados de João Pessoa/PB

4.3. MÉTODOS

Para as análises físicas foram selecionados, aleatoriamente, 45 frutos, em cada fase de seu desenvolvimento. Quanto às análises de umidade, cinzas, pectato de cálcio,

proteínas, foram feitas 6 repetições. Para as análises de clorofila a e b, antocianina, flavonóis, carotenóides e açúcares total e redutores foram realizadas 3 repetições com três leituras no espectrofotômetro para cada repetição a fim de evitar erros de manipulação. Portanto, trata-se de amostras intencionais em razão dos fatores logísticos e disponibilidade de matéria-prima para realização da pesquisa.

4.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

4.4.1. PESO FRESCO (g)

Determinado através de pesagem individual de cada fruto em balança semi-analítica.

4.4.2. DIÂMETRO EQUATORIAL E POLAR (cm)

Para as medições dos frutos foi utilizado um paquímetro da marca Mitutoyo, com precisão de 0,1 mm. Os resultados foram expressos em centímetro (cm). Para a mensuração do diâmetro equatorial, traçou-se uma linha reta no sentido horizontal do fruto. O diâmetro polar foi medido traçando uma linha imaginária vertical, a partir dos pólos, tomando-se como base o seu pedúnculo.

4.4.3. VOLUME (cm³)

A massa da água deslocada pelos frutos, medido através de balança semi-analítica, foi dividida pela densidade da água, resultando no volume deslocado pelos frutos.

4.4.4. GRAU DE COR DA FRUTA

A coloração do fruto foi determinada por reflectometria, utilizando-se um colorímetro CR-300 (Konica Minolta®, Japão), calibrado em superfície de porcelana branca sob condições de iluminação. As leituras foram expressas no módulo $L^*a^*b^*$ que, segundo a CIE (Commission Internationale de L'Eclairage), definem a cor: L^* a luminosidade, a^* a intensidade da cor vermelha e verde e b^* a intensidade da cor amarela e azul (McGUIRE, 1992).

4.5. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

4.5.1. UMIDADE

Determinada através de secagem em estufa com ventilação, a 65°C (BRASIL, 2005).

4.5.2. CINZAS

Determinadas por incineração em mufla a 550° C (BRASIL, 2005).

4.5.3. AÇÚCARES REDUTORES E TOTAIS

Os teores de açúcares redutores e total foram determinados pelo método colorimétrico de Somogyi e Nelson (SOMOGYI e NELSON, 1952).

4.5.4. PECTINA

Pectina foi determinada por método descrito por Rangana (1977) onde a pectina foi extraída em ácido e a quente por cerca de 2 horas e os resultados expressos em pectato de cálcio.

4.5.5. ÁCIDO ASCÓRBICO

Foi obtido por titulometria usando a solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol) até coloração róseo claro permanente, utilizando 1g de polpa diluída em 100 mL de ácido oxálico/ácetico. O ácido ascórbico foi determinado em duplicata. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100g de polpa de acordo com as normas analíticas da A.O.A.C (1990).

4.5.6. ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Para acidez total titulável pesou-se 1g da polpa e transferido para um balão de 100 ml a qual foi aferido com água destilada e foram retirados uma alíquota de 2 ml,

adicionados 10 mL de água destilada e três gotas de fenolftaleína alcoólica 1%, titulando-se com solução de NaOH 0,1N, previamente padronizada, até atingir o ponto de viragem. Foram determinados em duplicata e os resultados foram expressos em percentagem de ácido málico de acordo com as normas analíticas da A.O.A.C (1990).

4.5.7. CLOROFILAS NA CASCA E NA POLPA

Aproximadamente 1,0 g de casca foram retirados em diversos pontos igualmente distribuídos na superfície do fruto. O tecido foi macerado com auxílio de um pistilho, em sala escura, em 7,0 mL de acetona 80% . O extrato foi filtrado em papel 'J prolab', com porosidade de 14 L.s-1m-2 e diâmetro de 11,5 cm, protegido contra a luminosidade, envolvendo-se os balões volumétricos com papel-alumínio. O filtro foi lavado duas vezes com 7,0 mL de acetona 80% e o volume completado para 25 mL. As absorvâncias do extrato foram lidas em um espectrofotômetro (Spectronic® Genesys™ 2) no comprimento de ondas de 646 e 663, utilizando cubetas de quartzo. O conteúdo de clorofilas a (Ca), b (Cb) foram determinados segundo as equações proposta por (LICHTENTHALER, BUSCHMANN, 2001).

Clorofila a (ug.g-1) = $12,25 \times A_{663} - 2,79 \times A_{646}$

Clorofila b (ug.g-1) = $21,5 \times A_{646} - 5,10 \times A_{663}$

4.5.8. CAROTENÓIDES NA CASCA E NA POLPA

Os carotenóides da casca e polpa foram avaliados no mesmo extrato utilizado para o cálculo das clorofilas, seguindo-se o mesmo procedimento, sendo as leituras das absorvâncias realizadas em comprimento de onda de 470 nm, utilizando-se a equação proposta por (LICHTENTHALER, BUSCHMANN, 2001). Para a determinação dos carotenóides na polpa, o procedimento foi idêntico ao descrito para a casca. Para transformar os valores encontrados em ug.mL-1 para ug.g-1 , faz-se necessário a multiplicação desse resultado por 25mL (volume do balão) dividindo-se pelo peso da amostra.

Carotenóides Total (μg.g-1) = $[1000 \times \text{Abs}_{470} - (1,82 \text{ Ca} - 85,02 \times \text{Cb})]/198$

4.5.9. ANTOCIANINA E FLAVONÓIS NA CASCA E NA POLPA

Aproximadamente 1,0 g de casca foram retirado em diversos pontos igualmente distribuídos na superfície do fruto e estocado com aproximadamente 3,0 ml da solução extratora de etanol (95%) - HCl (1,5N) na proporção 85:15 por 12h a 4°C. O tecido foi macerado com auxílio de um bastão, em sala escura, em 7,0 mL da solução extratora. O extrato foi filtrado em papel 'J prolab', com porosidade de 14 L.s-1m-2 e diâmetro de 11,5 cm, protegido contra a luminosidade, envolvendo-se os balões volumétricos com papel-alumínio. Depois de aferido foi transferido para recipiente envolvido no papel alumínio o qual ficou em repouso por duas horas. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda igual a 535nm para antocianinas e 374nm para flavonóides amarelos. Para transformar os valores encontrados em ug.mL-1 para ug.g-1 , faz se necessário a multiplicação desse resultado por 10mL (volume do balão) dividindo-se pelo peso da amostra. O conteúdo de antocianina e flavonois foi determinado segundo a equação proposta por Murray e Hackett (1991) e a metodologia proposta por Lees e Francis (1971).

$$AA(\mu\text{g.g-1}) = A_{532} - 0,24A_{653}$$

$$AA(\mu\text{g.g-1}) = A_{374} - 0,24A_{653}$$

4.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

4.6.1. pH

O pH foi determinado diretamente por potenciômetro previamente calibrado com soluções tampões de pH 7,0 e 4,0, de acordo com a temperatura dos padrões e amostras. (BRASIL, 2005).

4.6.2. SÓLIDOS SOLÚVEIS

Os valores de sólidos solúveis totais foram determinados utilizando refratômetro de campo, marca ATAGO nº01, com escala de 0 á 32°Brix de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com relação à inferência dos dados, foi realizado ajustamento de modelos de regressão com aplicação do Teste Estatístico F com o intuito de medir a significância dos modelos propostos.

Quanto à caracterização do Teste F para a regressão, mediu-se: o **Erro Padrão Residual (EPR)** na qual se refere ao desvio-padrão dos resíduos. Tal resultado possui a mesma unidade de medida da variável de estudo. O grau de liberdade residual (gl) é dado pela expressão $gl = N - p - 1$, onde N é o número total de observações e p é o número de preditores; **Coeficiente de Determinação (R^2)** que é a proporção da variância na variável dependente explicada pelos preditores. É uma medida da efetividade geral da Regressão Polinomial. Quanto maior for, melhor a equação ajustada explica a variação dos dados. Para os casos na qual se verificou um ajustamento não-linear (modelo exponencial), o *software* buscou o melhor ajustamento através de iterações por meio de técnicas de otimização; **F-ratio** ou F “calculado” é a estatística F para determinar a significância do modelo sob consideração. O grau de liberdade da Estatística F (glf) é dado pela expressão $glf = (p \text{ e } N - p - 1)$; E, finalmente, **P-value** corresponde ao menor nível de significância para o qual a hipótese nula (modelo não é significativo) poderá ou não ser rejeitada. Ou seja, é a medida para se comparar com o nível de significância do teste (neste caso, $NS = 5\%$). Se P-value for menor ou igual à NS, então rejeitamos a hipótese nula, ou seja, o modelo proposto é significativo à realidade dos dados. Ainda no presente estudo, analisamos o comportamento conjunto entre duas variáveis aleatórias quantitativas distintas X e Y. Em outras palavras, medimos a variação conjunta (covariância) e o grau de associação linear (correlação) entre elas. Conforme SANTOS (2007), para efeito e interpretação do resultado do Coeficiente de Correlação, a seguinte tabela é proposta:

Tabela 4 - Coeficiente de correlação.

Coeficiente de correlação	Correlação
$r = 1$	Perfeita positiva
$0,8 \leq r < 1$	Forte positiva
$0,5 \leq r < 0,8$	Moderada positiva
$0,1 \leq r < 0,5$	Fraca positiva
$0 < r < 0,1$	Ínfima positiva
0	Nula
$-0,1 < r < 0$	Ínfima negativa
$-0,5 < r \leq -0,1$	Fraca negativa
$-0,8 < r \leq -0,5$	Moderada negativa
$-1 < r \leq -0,8$	Forte negativa
$r = -1$	Perfeita negativa

Fonte: Santos, 2007.

Entretanto, de acordo com MARTINS (2006), “a interpretação do Coeficiente de Correlação como medida de intensidade da relação linear entre duas variáveis é puramente matemática e está completamente isenta de qualquer implicação de causa e efeito. O fato de duas variáveis aumentarem ou diminuírem juntas não implica que uma delas tenha algum efeito direto, ou indireto, sobre a outra. Ambas podem ser influenciadas por outras variáveis de maneira que dê origem a uma forte correlação entre elas. Tal Coeficiente é apenas um indicador de força.”

Todos os tratamentos estatísticos foram feitos no Ambiente Estatístico R, em sua versão 2.9.2 .

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1. PESO

O peso médio dos frutos oscilou de 0,86g à 13,96g no decorrer do seu desenvolvimento, exibindo uma curva de modelo quadrático (Figura 12). Assim, verificou-se que $F_{cal} > F_{tab}$ com apresentação de $p\text{-value} \leq 5\%$, indicando que o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 5).

Os frutos apresentaram uma elevada taxa de crescimento no 11º dia devido provavelmente ao aumento da pluviosidade 44 mm, dados da estação metereológica. Esses dados permitem inferir que o crescimento do fruto foi possivelmente influenciado principalmente por esses fatores climáticos. Seguido por uma fase rápida de crescimento, que compreende o período entre 11º a 19º dias, após os quais, seguiu-se uma fase de estabilidade, sem mudança aparente no peso, indicando que o peso definitivo do fruto foi atingido nesse período.

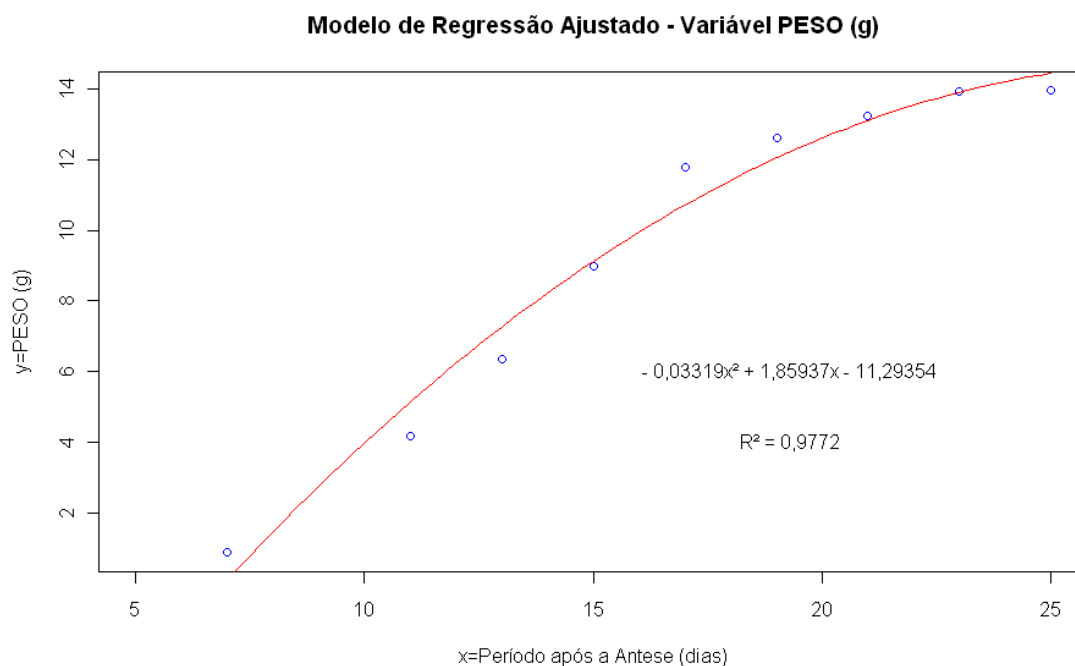


Figura 12 - Modelo de regressão variável peso expressos em g.

Os valores de peso médio para os frutos de aceroleira, neste estudo, são superiores aos encontrados por Brumine et al., (2004) analisando acerolas maduras de diferentes regiões de cultivo provenientes da região de São Paulo, foi de 7,28g a 9,60g e França e

Narain (2003) avaliando acerola em dois estágios de maturação de acerola encontraram valores que variaram de 2,65g á 10,30g. Freire et al., (2006) encontraram valores inferiores a esse estudo analisando acerola madura de diferentes regiões provenientes da Paraíba, que variou de 2,33g á 6,53g. Tais divergências podem ser devidas as diferenças das condições edafoclimáticas dos locais de cultivo.

Tabela 5 - Resultado da Análise de Regressão da Variável Peso quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Peso	0,8316	0,9772	128,4 (glf=2 e 6)	0,00

5.2. DIÂMETRO EQUATORIAL E POLAR

Aplicando a análise de regressão aos dados diâmetro equatorial e polar, constatou-se uma representação tipo quadrática (Figuras 13 e 14), havendo uma correlação entre esses parâmetros com coeficiente de correlação de 0,99 indicando uma correlação forte positiva entre as variáveis diâmetros equatorial e polar (Tabela 6). Para dos dados de diâmetro equatorial e polar o $F_{cal} > F_{tab}$ apresentando um valor de $p \leq 5\%$, indica que o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 7).

O diâmetro equatorial variou de 1,13cm a 3,10cm e o diâmetro polar variou de 1,21cm a 2,54cm mostrando que o diâmetro equatorial excedeu o crescimento polar indicando que os frutos são, em média, mais largos que altos, que define um formato, em geral, subgloboso. Os frutos apresentaram uma elevada taxa de crescimento no 11º dia provavelmente devido ao grande volume de chuva, seguindo-se uma fase de crescimento lento, que compreende o período entre os 11º a 19º dias, após o que, seguiu-se uma fase de estabilidade, sem mudança aparente nas dimensões, indicando que o tamanho definitivo do fruto foi atingido nesse período. Os valores de diâmetro equatorial para os frutos de aceroleira, neste estudo, são superiores aos encontrados por Carrington e King (2002) analisando o desenvolvimento de acerolas que variaram de 0,20 a 2,60 cm para diâmetro equatorial e 0,20 a 2,20 para diâmetro polar. França e Narain (2003) avaliando acerola em dois estágios de maturação de acerola encontraram valores para diâmetro de 1,62 a 2,83 cm inferiores ao encontrado nesse estudo. Batista

et al., (2000) encontraram valores que variaram 1,84 a 2,40cm para o diâmetro transversal que variaram 1,64 a 2,0cm em acerolas em três estágios de maturação. Musser et al., (2005) encontraram valores de 1,77 cm para comprimento e 2,07 cm para diâmetro de acerolas (maduras) colhidas na safra verão/2000 e 1,84 cm para comprimento e 2,13 cm para diâmetro, colhidas nas safras Inverno/1999 apresentando diferenças entre as safras. Os valores de diâmetro equatorial e polar encontrados nesse estudo foram superiores ao encontrados pelos autores citado acima. Estas diferenças são possivelmente, devida às condições edafoclimáticas, pois os frutos foram colhidos na safra de inverno nordestino (época de chuva).

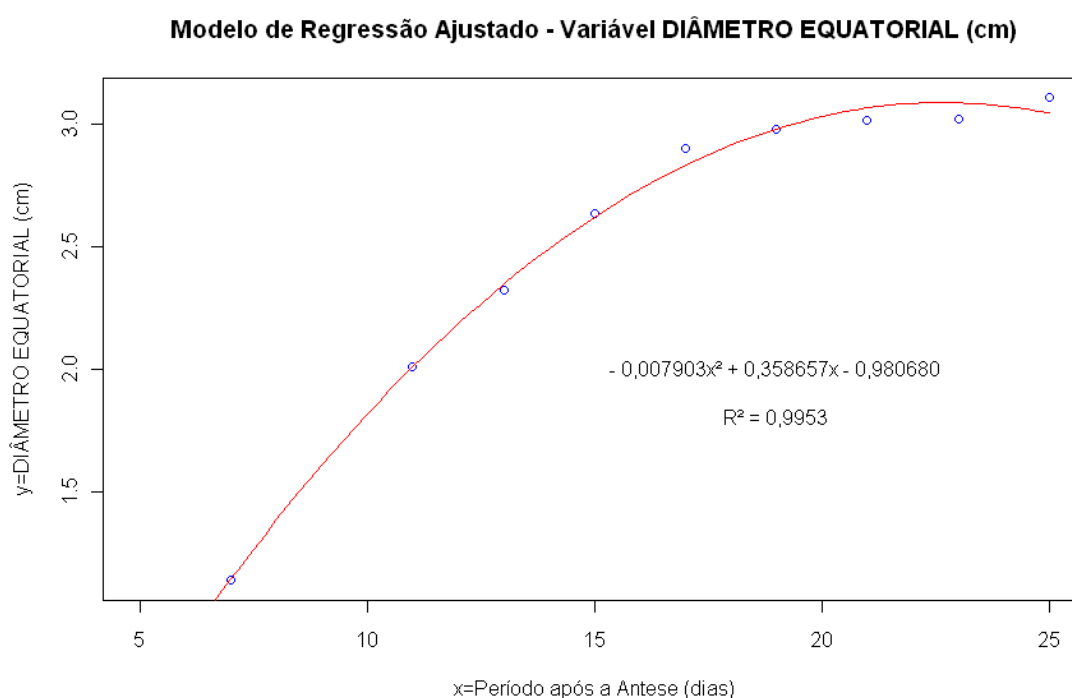


Figura 13 - Modelo de regressão variável diâmetro equatorial expresso em cm.

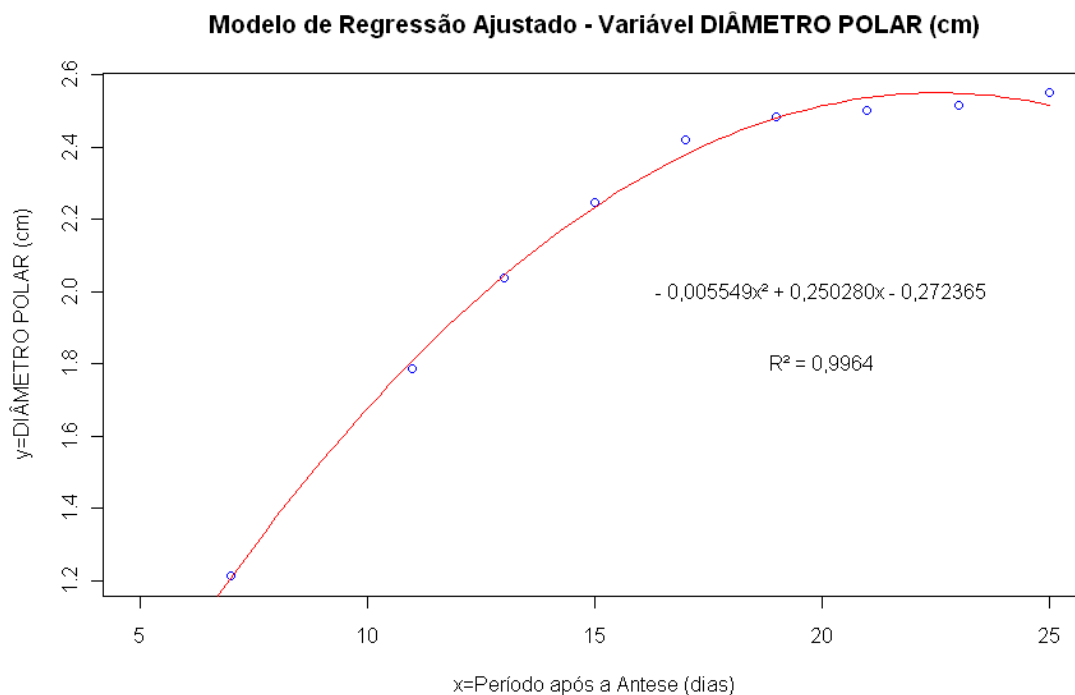


Figura 14 - Modelo de regressão variável diâmetro polar expresso em cm.

Tabela 6 - Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Diâmetro Equatorial” e “Diâmetro Polar”.

Covariância (cov)	Coeficiente de Correlação (r)	Interpretação
0,2926555	0,9996385	Correlação Forte Positiva

Tabela 7 - Resultado da Análise de Regressão da Variável Diâmetro Equatorial e Polar quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coeficiente de Determinação (R^2)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Diâmetro equatorial	0,05171	0,9953	632,9 (glf=2 e 6)	0,00
Diâmetro polar	0,03109	0,9964	831,6 (glf=2 e 6)	0,00

5.3. VOLUME

Os dados do volume do fruto seguiram uma curva com ajuste de regressão tipo cúbica. Como pode ser observado na Figura 15 o volume dos frutos foram aumentando até o 17º dia após antese e depois seguiu se uma fase de estabilidade, indicando que o volume definitivo do fruto foi atingido nesse período. O teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 9). Conforme a Tabela 8, o coeficiente de correlação ($r = 0,99$) indicou uma correlação forte positiva entre as variáveis de peso e volume. Freire et al., (2006), analisando acerolas maduras provenientes da região da Paraíba encontraram valores que oscilaram de 1,25 à 5,07 cm³, muito inferiores ao encontrados nesse estudo (11 à 12 cm³). Estas variações provavelmente foram devido às condições edafoclimáticas, pois foram frutos colhidos da safra do inverno nordestino (época de chuva).

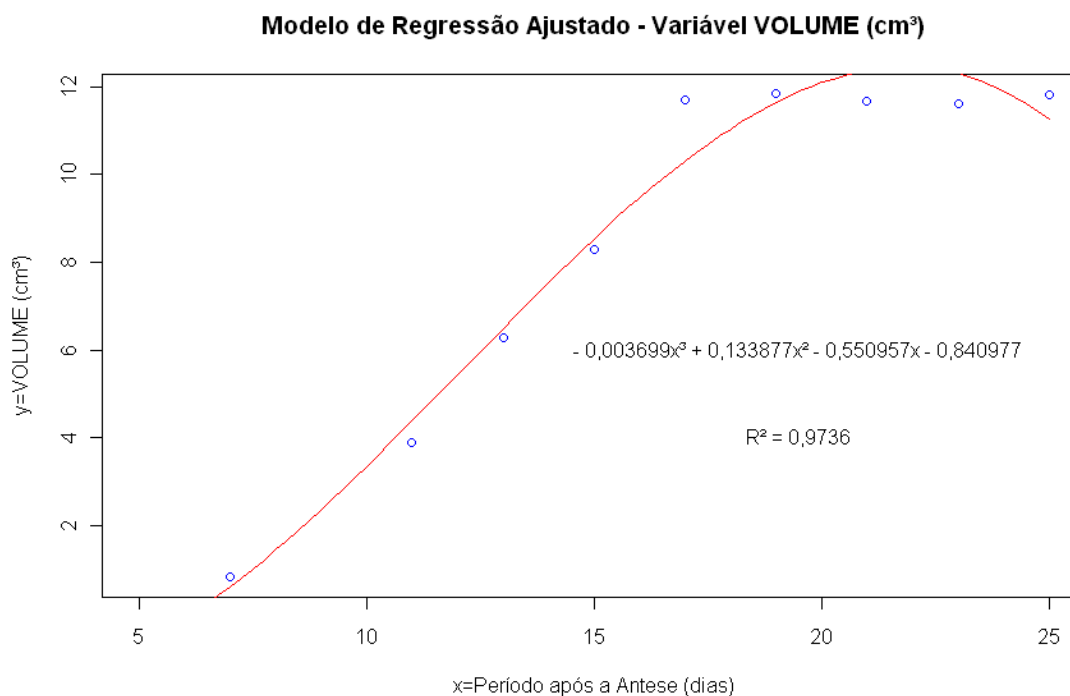


Figura 15 - Modelo de regressão variável volume expresso em cm³.

Tabela 8 - Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Volume” e “Peso”

Covariância (cov)	Coeficiente de Correlação (r)	Interpretação
19,5381	0,9893098	Correlação Forte Positiva

Tabela 9 - Resultado da Análise de Regressão da Variável Volume quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R ²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Volume	0,8519	0,9736	61,41 (glf =3 e 5)	0,000229

5.4. GRAU DE COR

O valor L*, a* e b* apresentaram uma curva com comportamento cúbico. Conforme a Tabela 10 o coeficiente de correlação obteve um R de 0,52 indicando uma correlação moderada positiva entre as variáveis de cor “a” e antocianina casca. Para os dados de valor de L*, a* e b*, O teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 11). A luminosidade do fruto foi gradativamente decrescendo ao longo do seu desenvolvimento. Vendramini e Trugo (2000), analisando a acerola em três estágios de maturação verificaram a ocorrência do mesmo fenômeno. Os valores de L* para acerolas maduras encontrados nesse estudo variaram de 25,74 á 35,30, os quais estão na faixa apresentada por Brumini et al., (2004) quando avaliaram acerolas maduras de diferentes regiões de cultivo provenientes da região de São Paulo (22,12 a 43,27). Enquanto o valor de “a*” aumentou ao longo do desenvolvimento das acerolas decorrente de mudanças em dois pigmentos; decréscimo na clorofila e aumento das antocianinas. Resultados semelhantes foram observados por Vendramini e Trugo (2000), analisando a cor “a*” da acerola em três estágios de maturação. Na Figura 17 percebe-se uma queda no valor de “a*” no 25º dia do desenvolvimento da acerola devido provavelmente à mudança da coloração para púrpuro escuro. Os valores de “b*” foram maiores nos frutos verdes reduzindo ao longo do seu desenvolvimento, mostrando a leve presença da tonalidade amarela.

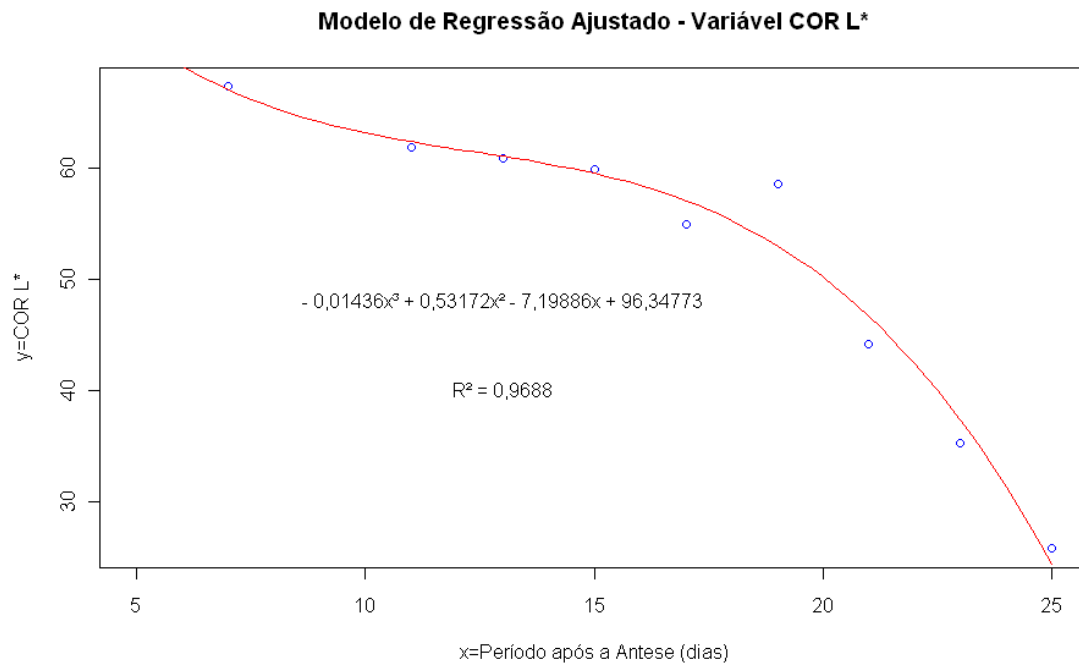


Figura 16 - Modelo de regressão variável cor L*

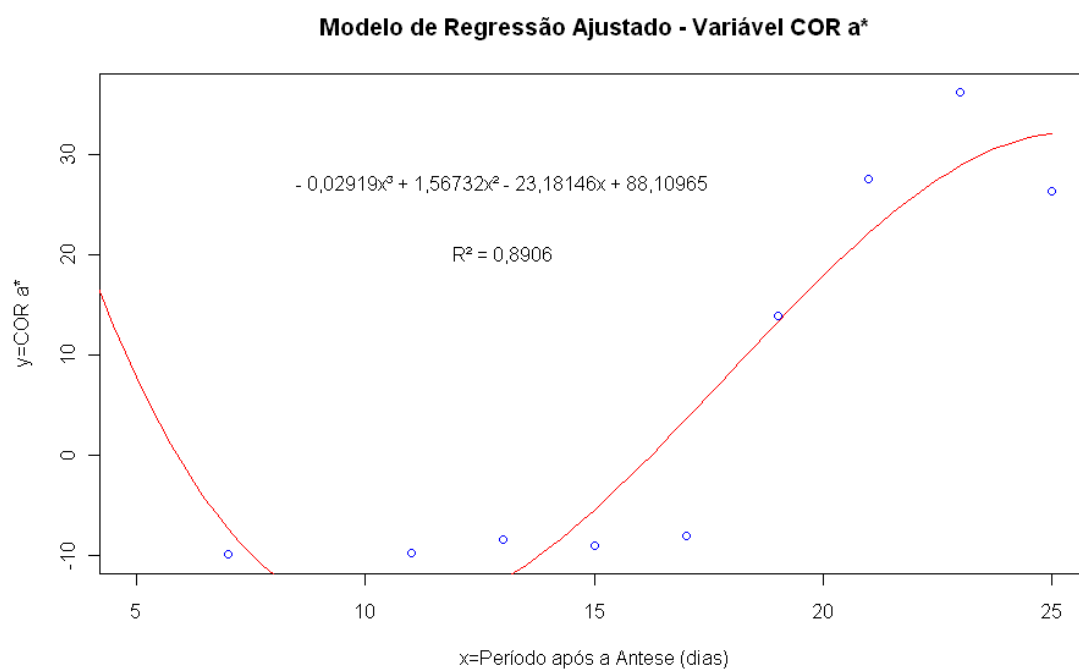


Figura 17 - Modelo de regressão variável cor a*

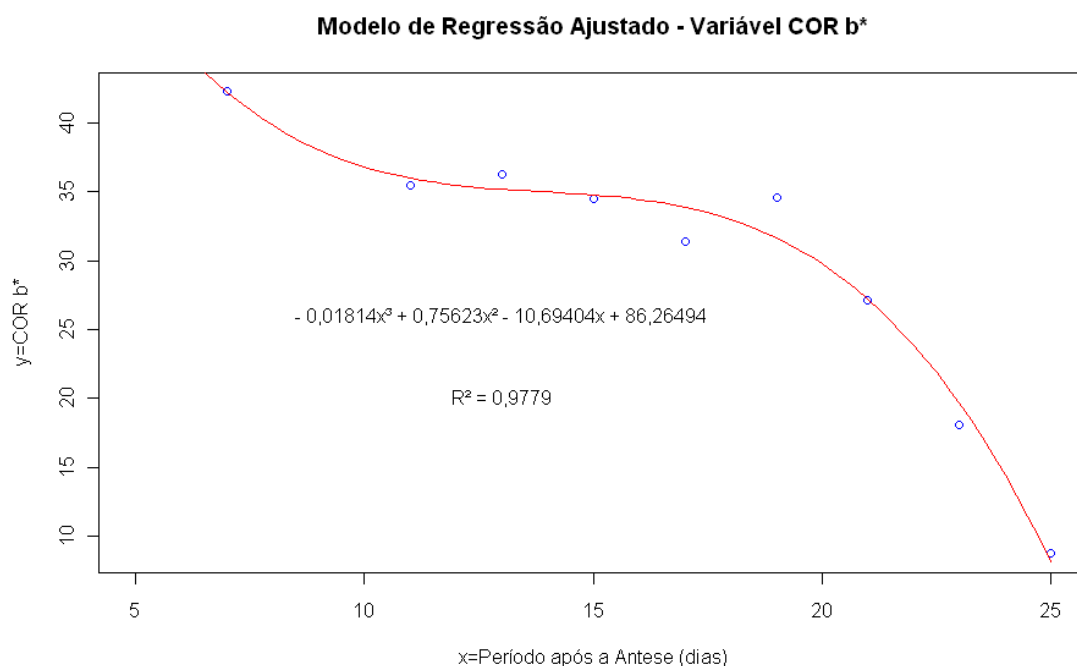


Figura 18 - Modelo de regressão variável cor b

Tabela 10 - Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Cor *a” e “Antocianina Casca”.

Covariância (cov)	Coeficiente de Correlação (r)	Interpretação
208,6844	0,5251081	Correlação Moderada Positiva

Tabela 11 - Resultado da Análise de Regressão da Variável Cor L*, a* e b* quanto à Significância do Modelo Proposto

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coeficiente de Determinação (R²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Valor L*	3,117	0,9688	51,72 (glf=3 e 5)	0,0003469
Valor a*	8,09	0,8906	13,57 (glf=3 e 5)	0,007735
Valor b*	1,958	0,9779	73,87 (glf=3 e 5)	0,0001461

5.5. pH E ACIDEZ

Na figura 19 percebe-se uma redução no pH no decorrer do desenvolvimento da acerola. Os valores de pH oscilaram entre 3,25 a 4,28. Para os dados de pH e acidez, o teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 13). Conforme a Tabela 12, o coeficiente de correlação obteve um r igual à -0,89 indicando uma correlação forte negativa entre as variáveis pH e acidez total titulável devido aos valores serem inversamente proporcionais. Alves et al., (1992) e Vendramini e Trugo (2000) verificaram que não houve variação no pH durante os estágios de maturação da acerola. Entretanto, França e Narain (2000) observaram um aumento do pH do fruto de vez para o maduro indicando que houve uma redução na acidez. Moura et al.,(2003) também observaram um aumento no pH e conseqüentemente uma redução na acidez. Na Figura 20 percebe-se um aumento na acidez no decorrer do seu desenvolvimento. Os valores de acidez total titulável oscilaram entre 0,29 a 2,46 mg/100g de ácido málico. Durante a maturação, os frutos sofrem redução na acidez, porém, em alguns casos, pode haver aumento nos valores com o avanço da maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Ferreira et al., (2009) encontraram um aumento da acidez no decorrer do desenvolvimento de acerola. Esses autores citados acima explicam que esse resultado bioquimicamente se assemelha ao da banana durante o amadurecimento, em que uma redução da atividade da enzima malato oxidase, resulta no acúmulo do ácido málico, já que esse ácido é o principal em acerola. Vendrami e Trugo (2000) verificaram também um aumento da acidez no fruto de acerola no decorrer da maturação.

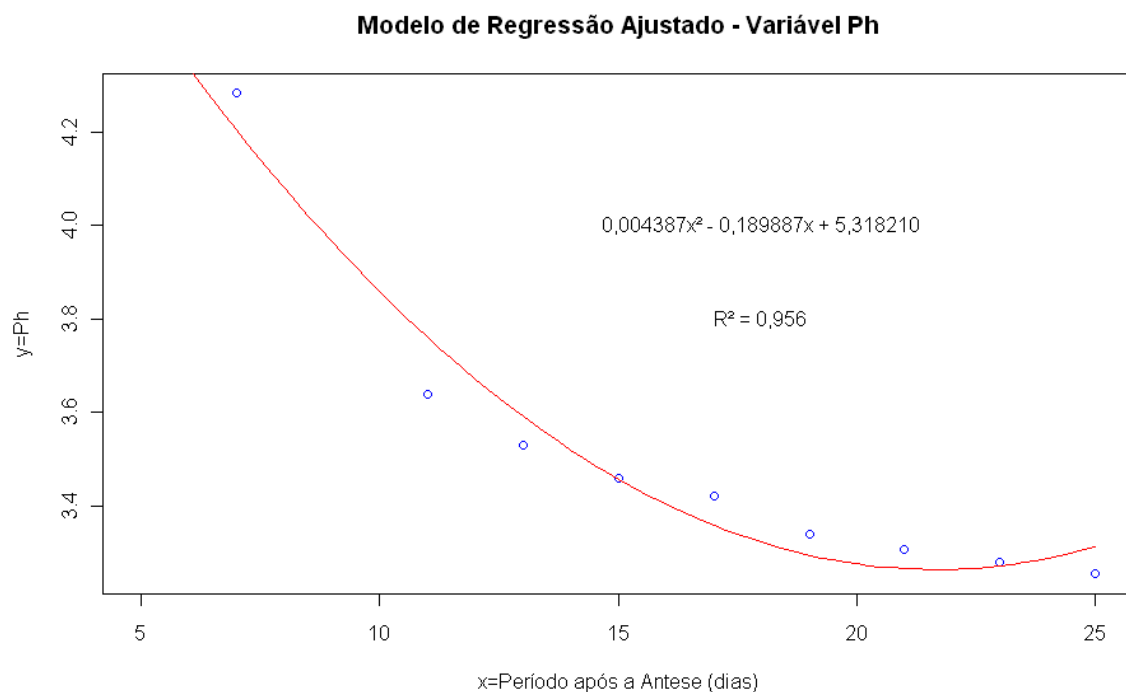


Figura 19 - Modelo de regressão variável pH

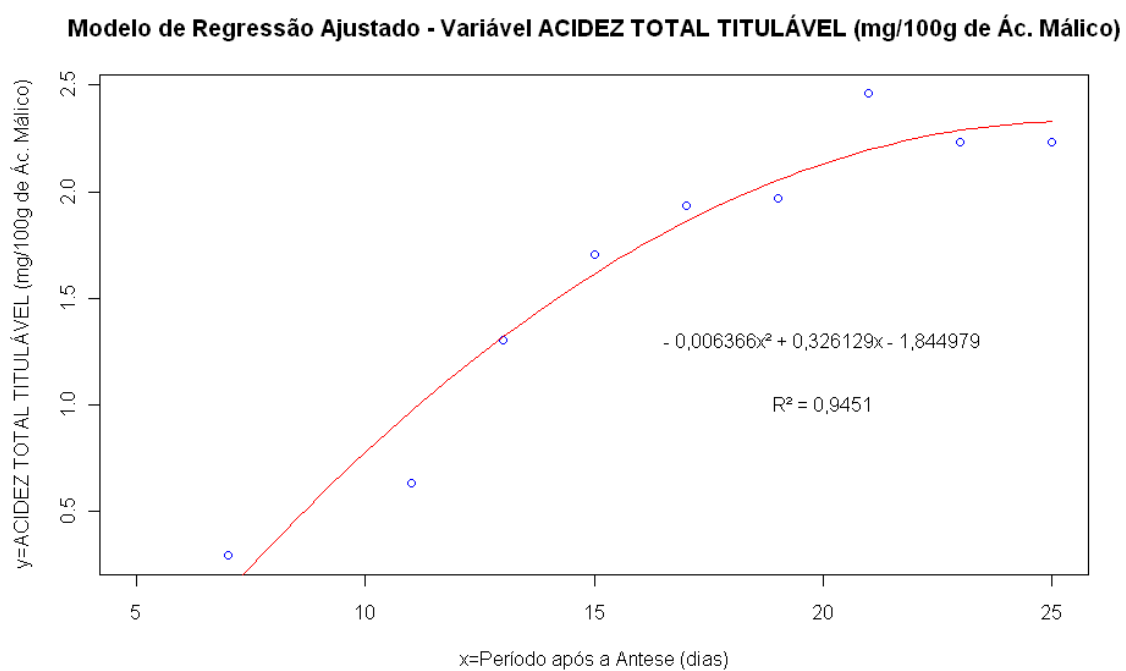


Figura 20 - Modelo de regressão variável Acidez total titulável expresso mg/100g de ácido málico.

Tabela 12 - Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Ph” e “Acidez Total Titulável”.

Covariância (cov)	Coeficiente de Correlação (r)	Interpretação
-0,2149087	-0,8967609	Correlação Forte Negativa

Tabela 13 - Resultado da Análise de Regressão da Variável Acidez Total Titulável e pH quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coeficiente de Determinação (R²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Acidez Total Titulavel	0,2032	0,9451	51,68 (glf=2 e 6)	0,0001652
pH	0,07724	0,956	65,24 (glf=2 e 6)	0,00

5.6. SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS

Houve acréscimo no teor de sólidos solúveis totais (SST) durante o desenvolvimento do fruto e oscilaram de 6,03 a 9,0 °Brix. Para os dados de sólidos solúveis, o teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 15). Conforme a Tabela 14, o coeficiente de correlação obteve um r igual à 0,83 indicando uma correlação forte positiva entre as variáveis sólidos solúveis e açúcares totais. Resultados semelhantes foram encontrados por Vendramini e Trugo (2000), França e Narain (2003) e Ferreira et al., (2009) que apresentaram um aumento dos sólidos solúveis de frutos verdes para maduros. No 11º dia após antese do seu desenvolvimento houve uma redução dos sólidos solúveis, essa redução foi devida provavelmente ao período de intenso volume de chuva.

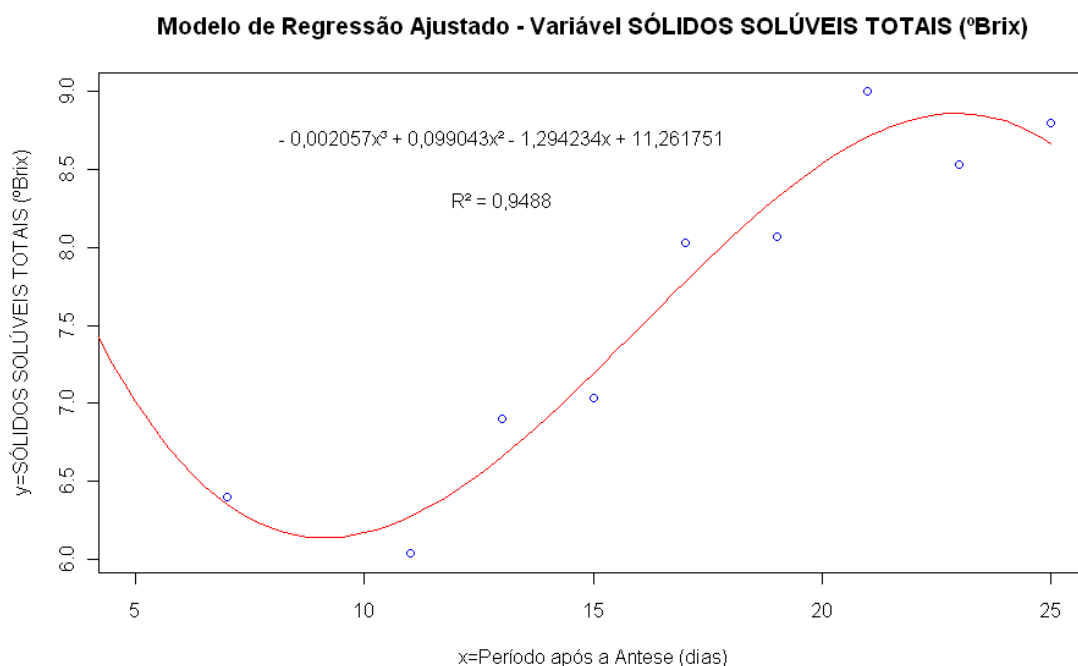


Figura 21 - Modelo de regressão da variável Sólido solúvel total expresso em °Brix

Tabela 14 - Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Sólidos Solúveis Totais” “Açúcares Totais”.

Covariância (cov)	Coeficiente de Correlação (r)	Interpretação
0,6921916	0,8341629	Correlação Forte Positiva

Tabela 15 - Resultado da Análise de Regressão da Variável Sólidos Solúveis Totais quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coeficiente de Determinação (R ²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Sólidos Solúveis Totais	0,3096	0,9488	30,89 (glf=3 e 5)	0,001185

5.7. UMIDADE

Observou-se um aumento do teor de umidade durante o desenvolvimento da acerola (Figura 22). Para os dados de umidade, o teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 16). Resultado equivalente foi observado por Vendramini e Trugo (2000) e França e

Narain (2003) que verificaram aumento da umidade no decorrer do amadurecimento da acerola. Ao final do desenvolvimento foi observado um aumento do teor de umidade, causado, pelo menos parcialmente, pela formação de água livre na fosforilação oxidativa durante o amadurecimento. Uma outra parte, pode ter a sua origem na água de chuva já que os frutos foram colhidos no inverno nordestino (época de chuva).

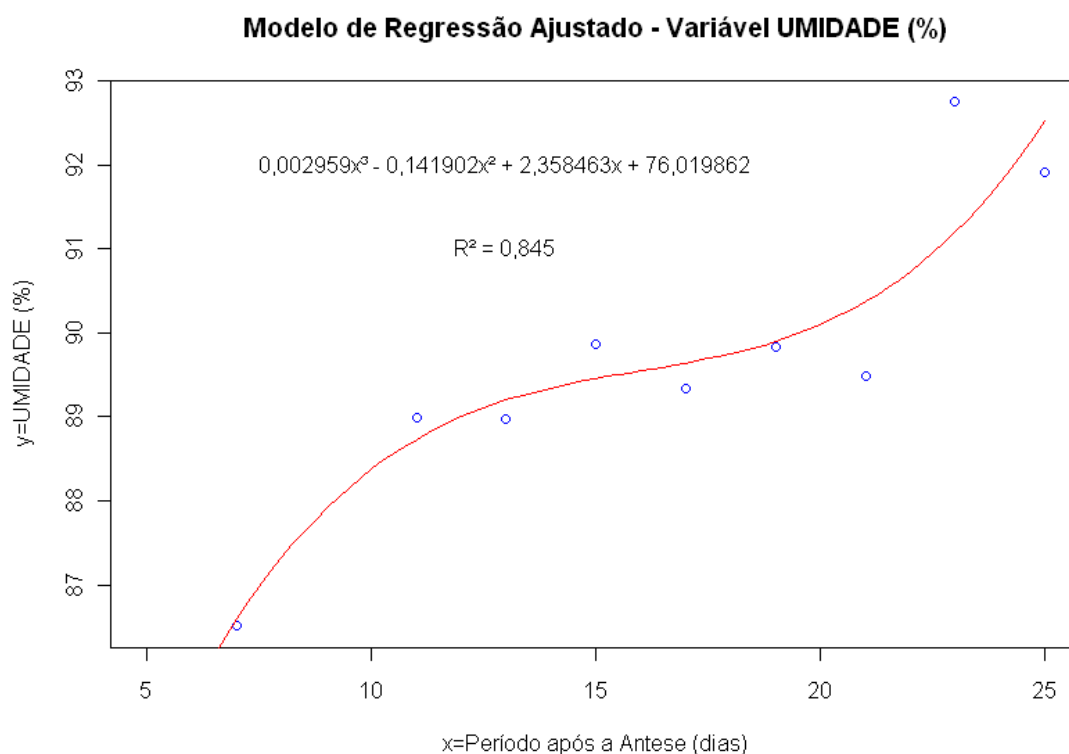


Figura 22 - Modelo de regressão da variável umidade expressos em percentagem.

Tabela 16 - Resultado da Análise de Regressão da Variável Umidade (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R ²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Umidade (%)	0,892	0,845	9,088 (glf=3 e 5)	0,01816

5.8. CINZAS

Observou-se que durante o desenvolvimento do fruto, houve uma redução nos teores de cinza alcançando valores de 0,24 % no 25º dia após antese. Como o teor de umidade aumentou durante o amadurecimento, o teor de cinzas ficou mais diluído, já que foi

expresso em base úmida. Para os dados de cinzas, o teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 17). Estes valores foram menores do que os encontrados por França e Narain (2003) (0,35%) e Vendramini e Trugo (2000) que encontraram valor de 0,40% de cinzas. Esta variação que representa o resíduo mineral fixo, pode ser resultante da adubação que é aplicada de maneira e quantidades irregulares no pomar.

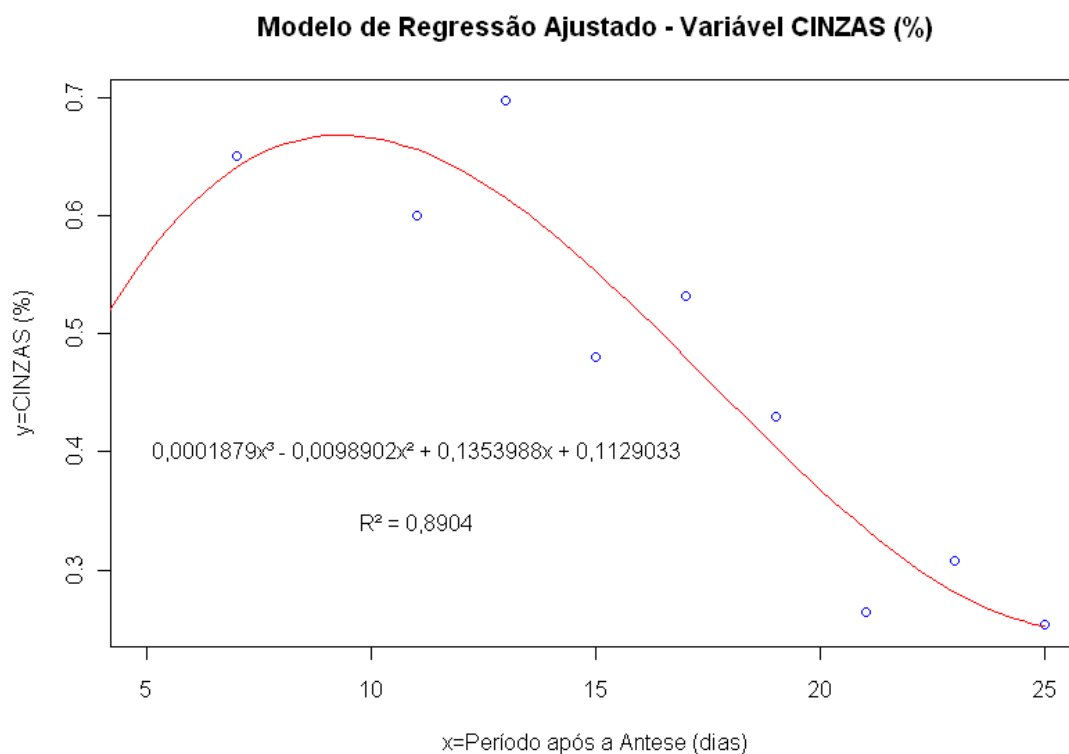


Figura 23 - Modelo de regressão da variável cinza expressos em percentagem.

Tabela 17 - Resultado da Análise de Regressão da Variável Cinzas (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R^2)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Cinzas (%)	0,06963	0,8904	13,55 (glf=3 e 5)	0,00777

5.9. PROTEÍNAS

Na Figura 24 o conteúdo de nitrogênio total demonstrou um comportamento de curva cúbica, diminuindo até o 15º dia após antese e depois aumentou para finalmente reduzir até ao 25º dia após a antese. Durante o desenvolvimento a diminuição do teor de

proteína provavelmente deveu-se ao aumento relativo do volume do fruto e o aumento subsequente à síntese de enzimas envolvidas no processo de amadurecimento. O teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 18).

Comportamento análogo foi obtido por Vendramini e Trugo (2000), trabalhando com acerola em três estágios de maturação, ao detectarem uma redução de 30% no teor de proteínas. Segundo esses autores, essa redução é devida a processos bioquímicos de degradação, pois os aminoácidos são precursores de uma serie de formação de compostos voláteis. Chitarra e Chitarra (2005) afirmam que a síntese dos ácidos nucléicos e proteínas são mais pronunciadas nas primeiras etapas de maturação.

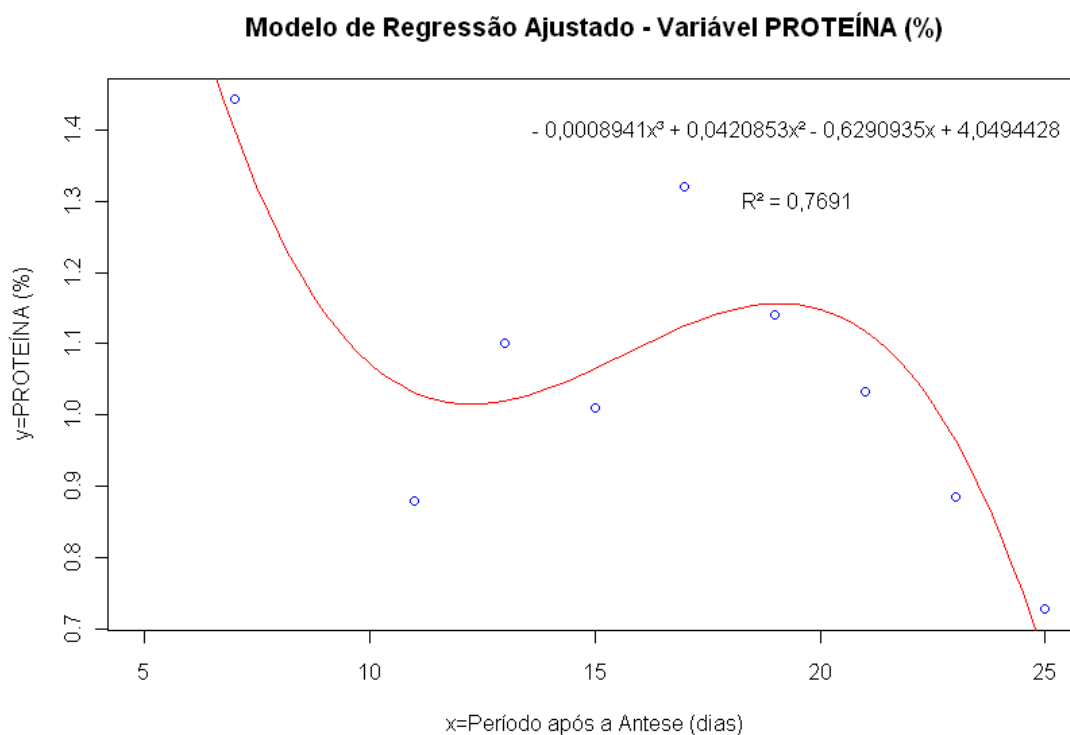


Figura 24 - Modelo de regressão da variável proteína expresso em % de Nitrogênio total.

Tabela 18 - Resultado da Análise de Regressão da Variável PROTEÍNA (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R ²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Proteína (%)	0,1362	0,7691	5,551 (glf =3 e 5)	0,04768

5.10. PECTATO DE CÁLCIO

O pectato de cálcio teve um comportamento de curva cúbica. O teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 19). O aumento no teor do pectato foi a partir do 11º dia após antese e depois foi reduzindo a partir do 21º dia do seu desenvolvimento, conforme era esperado pela literatura. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a protopectina predomina em tecidos imaturos. Com a evolução da maturação, ocorre a liberação do cálcio e a solubilização do polímero péctico pela ação de duas enzimas, respectivamente, a pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase que se transformam em ácidos pécticos solúveis em água. A tendência geral é ocorrer uma diminuição na pectina total com o grau de solubilização, o que corrobora com Assis et al (2001), que observaram uma redução da pectina no decorrer do amadurecimento da acerola. Resultado semelhante foi encontrado por França e Narain (2003) estudando a acerola em dois estágios de maturação.

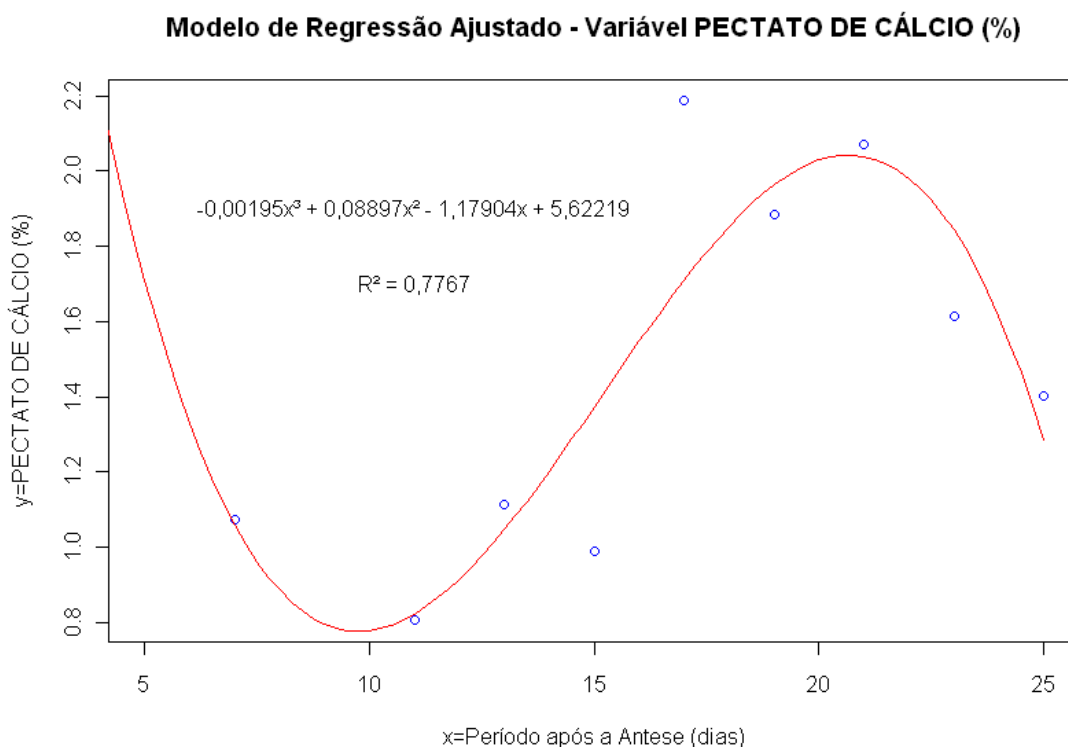


Figura 25 - Modelo de regressão da variável pectato de cálcio expresso em percentagem.

Tabela 19 - Resultado da Análise de Regressão da Variável pectato de cálcio (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R ²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Pectato de cálcio (%)	0,3009	0,7767	5,797 (glf =3 e 5)	0,04399

5.11. ÁCIDO ASCÓRBICO

Aplicando a análise de regressão aos dados de ácido ascórbico, constatou-se uma representação tipo quadrática (Figura 26) em que os valores oscilaram 342,47 a 2.649,72 mg/100g de ácido ascórbico. Para os dados de ácido ascórbico, o teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 21). Conforme a Tabela 20, o coeficiente de correlação obteve um r igual à 0,91 indicando uma correlação forte positiva entre as variáveis acidez total titulável e ácido ascórbico. Para os valores de ácido ascórbico foi observado um incremento em sua concentração a partir de 17º dias após a antese e queda no dia 23 e 25º. Durante o crescimento e desenvolvimento do fruto, o ácido ascórbico é ativado. Este ácido é sintetizado de açúcares fornecido pela fotossíntese para a sua formação (LEE e KADER, 2000). Assis et al., (2000) analisando ácido ascórbico em vários estágios de desenvolvimento da acerola, verificaram no fruto verde um aumento de ácido ascórbico. Ferreira et al., (2009) analisando acerola em diferentes estágios de maturação encontraram uma diminuição do ácido ascórbico à medida em que o fruto amadurece. Provavelmente essa diminuição do ácido é devido a sua oxidação a dehidroascórbico pouco antes do fruto alcançar o amadurecimento pleno, quando processos bioquímicos começam a gerar o maior número de substâncias oxidadas, reduzidas então pela ação antioxidante do ácido L-ascórbico. Segundo Deutsch (2000), a oxidação do ácido ascórbico para dehidroascórbico advém de dois átomos de hidrogênio que podem ser usados na redução dos compostos biológicos, ou pela ação da enzima ascorbato oxidase. No 25º dia após antese, no final do amadurecimento, apresentou um teor extremamente considerável de 2.232 mg/100g em comparação com Brumini et al., (2004) em pesquisa com acerolas maduras de diferentes regiões de cultivo provenientes da região de São Paulo, que foi de 243 á 818,17mg/100g

de ácido ascórbico. Apesar da redução do conteúdo de ácido ascórbico, estes se encontram bem acima do recomendado pela FNBNAS (2000), pois a recomendação diária de vitamina C para adulto é de 100 mg/dia e para criança de 50 mg/dia. Constatase, portanto que as acerolas por nós analisadas são verdadeiras fontes de ácido ascórbico por veicular um teor extremamente considerável.

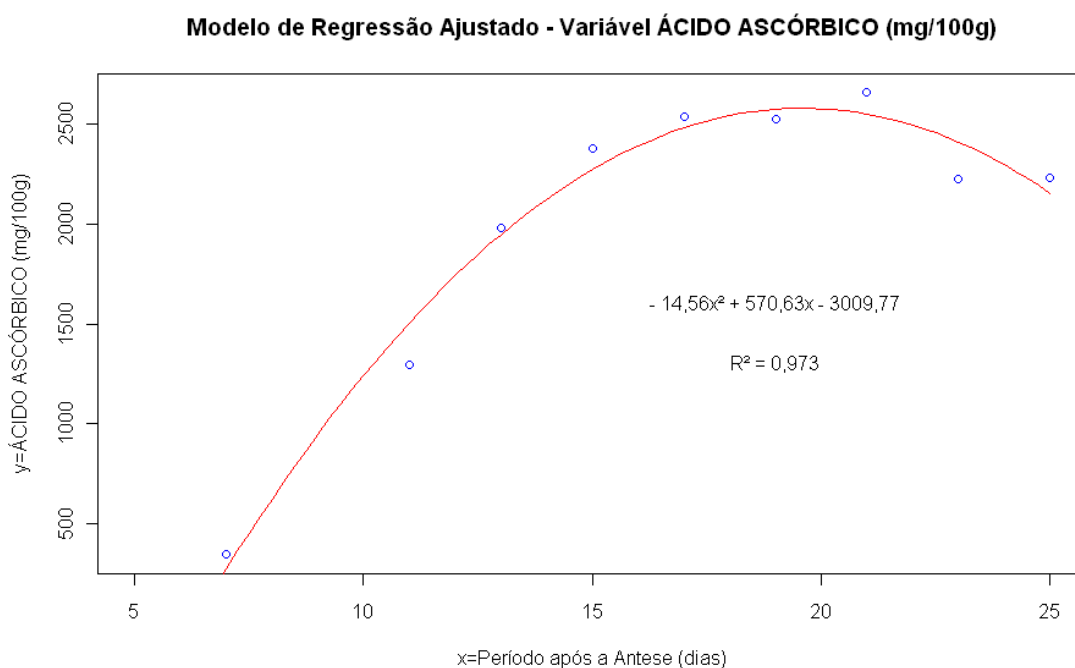


Figura 26 - Modelo de regressão variável ácido ascórbico expressos em mg/100g.

Tabela 20 - Covariância e Coeficiente de Correlação de Pearson entre as Variáveis “Acidez Total Titulável” e “Ácido Ascórbico”.

Covariância (cov)	Coeficiente de Correlação (r)	Interpretação
514,8415	0,9142656	Correlação Forte Positiva

Tabela 21 - Resultado da Análise de Regressão da Variável ácido ascórbico quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coeficiente de Determinação (R ²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Ácido ascórbico	142,1	0,973	108,3 (glf =2 e 6)	0,00

5.12. ANTOCIANINA EM CASCA E POLPA DE ACEROLA

O ajuste polinomial não foi possível nos valores de antocianina na casca e polpa, pois os dados se comportaram exponencialmente. Observa-se um aumento significativo da antocianina tanto na casca como na polpa no 25º dia do seu desenvolvimento. Esse aumento foi devido provavelmente a que o fruto apresentasse uma coloração púrpura intensa. Esse fenômeno é análogo ao verificado nas pitangas roxas por Lima et al., (2002a) ressaltando que esses autores estudaram apenas em pitangas roxas encontrando 420mg/100g totais, enquanto na acerola no seu 25º dia do seu desenvolvimento foi encontrado 65µg/g totais de casca e 5,6 µg /g totais de polpa. Como podem ser observadas as antocianinas presentes neste fruto estão mais concentradas na película do que em sua polpa, corroborando com Lima et al., (2002a) analisando película e polpa de pitangas roxas maduras. Os valores de antocianina encontrados nesse estudo são bastante inferiores ao encontrado por Lima et al., (2000) em cinco seleções de acerolas maduras que variaram de 140 µg/g a 509 µg/g totais de polpa. E, encontram-se bem próximos ao apresentado por Lima et al., (2003), em 12 acessos de aceroleira cujos valores variaram de 37 µg/g a 597 µg/g totais de polpa. Vários fatores podem ter contribuído para as acerolas apresentarem um teor extremamente baixo de antocianina ao comparar com outros estudos, pois esses pigmentos são bastante instáveis à temperatura, como também podem reagir com elevadas concentrações de ácido ascórbico resultando na sua redução (FRANCIS, 1985). A alta taxa de degradação pode estar relacionada com a instabilidade inata dos pigmentos de acerola ou com a alta concentração de ácido ascórbico, sendo esta última a causa mais provável segundo Chan e Yamamoto (1994). Segundo Rosso (2006) o mecanismo de degradação da antocianina pelo ácido ascórbico foi proposto como uma reação de condensação entre o furfural e grupos de hidroxil do anel B das antocianinas, levando à polimerização e formação de compostos marrons.

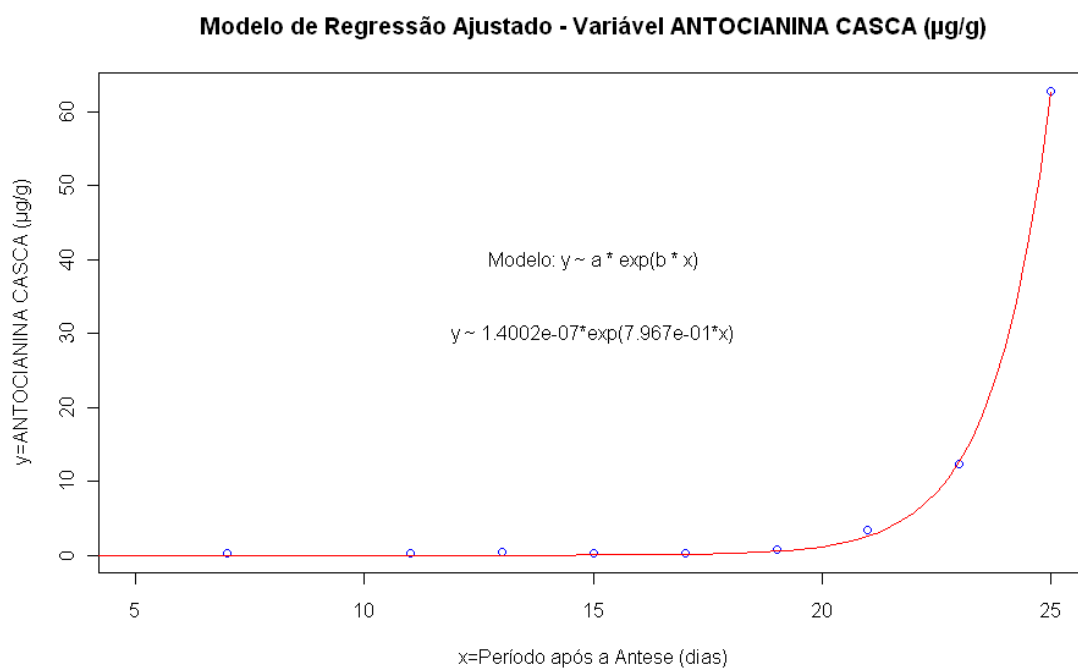


Figura 27 - Modelo de regressão da variável Antocianina expresso em µg/g totais de casca.

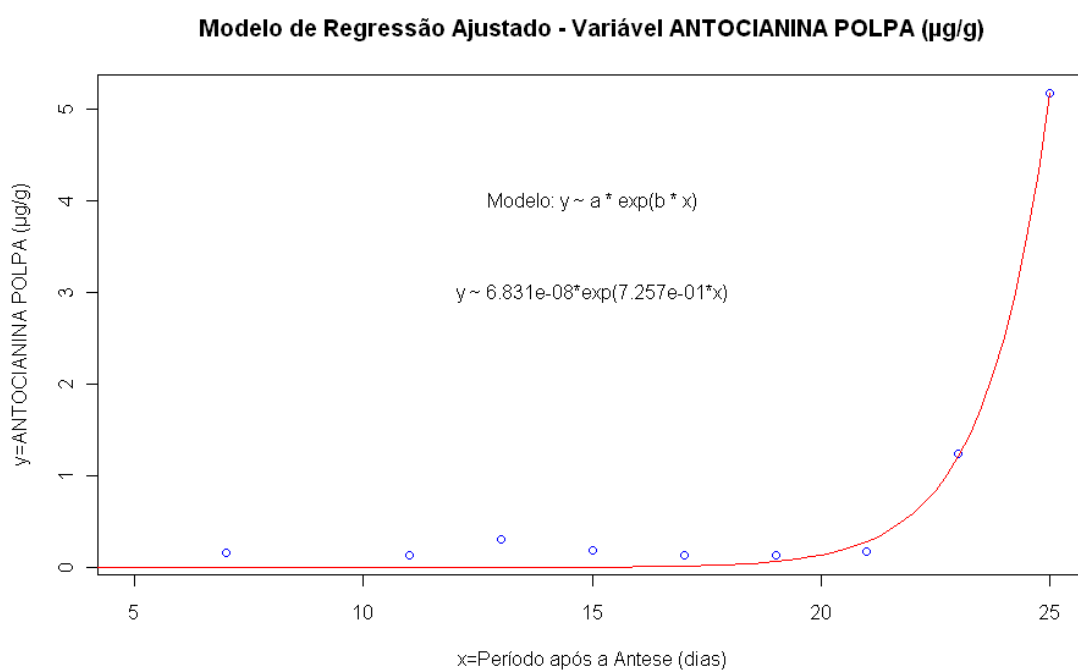


Figura 28 - Modelo de regressão da variável Antocianina expresso em µg/g totais de polpa.

5.13. CAROTENÓIDES EM CASCA E POLPA DE ACEROLA

Pode-se observar na Figura 29 que ocorreu síntese de clorofila e carotenóides na casca e na polpa da acerola concomitantemente. Para os dados de carotenóides em casca e polpa, o teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 22). Ao comparar o teor de carotenóides na casca e na polpa, evidencia-se um teor significativamente maior deste constituinte na casca. O decréscimo e posterior aumento observados (Figura 29 e 30) provavelmente são devidos a uma alteração qualitativa dos carotenóides presentes. Resultado semelhante foi encontrado por Lima et al., (2005) analisando acerolas em três estágios de amadurecimento colhidas em duas estações, uma chuvosa e outra seca. Os frutos verdes, de vez e maduro na estação chuvosa apresentaram um teor de 1,0 á 3,52 $\mu\text{g/g}$, 1,40 á 5, 89 $\mu\text{g/g}$, 16,90 a 40,6 $\mu\text{g/g}$ de β caroteno respectivamente em 12 genótipos de acerolas.

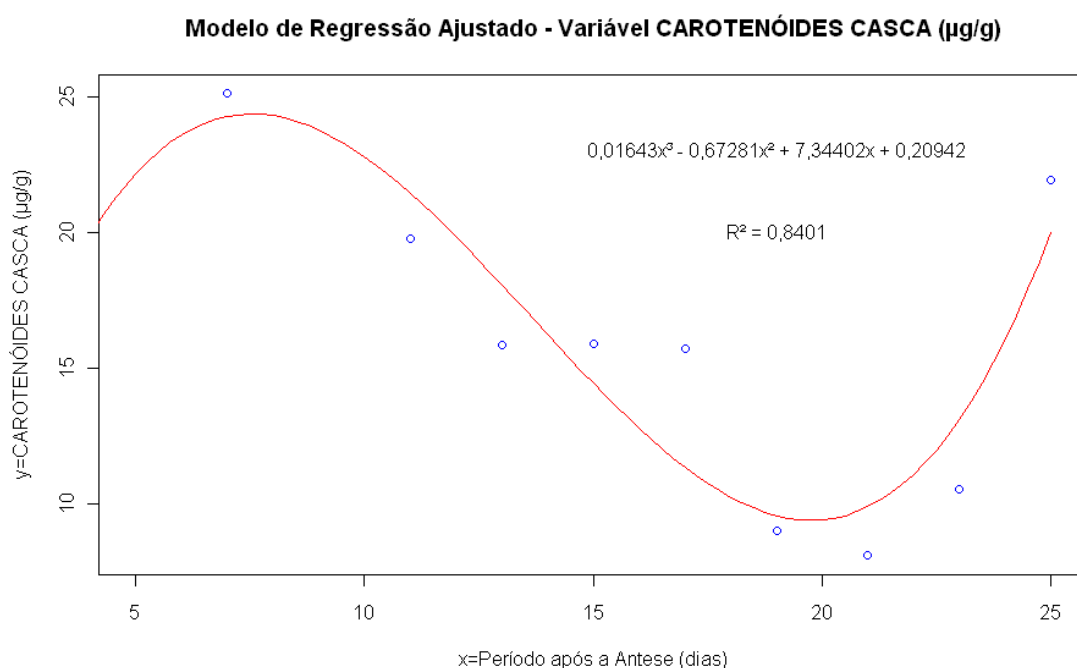


Figura 29 - Modelo de regressão da variável carotenóide em μg de β caroteno / g da casca.

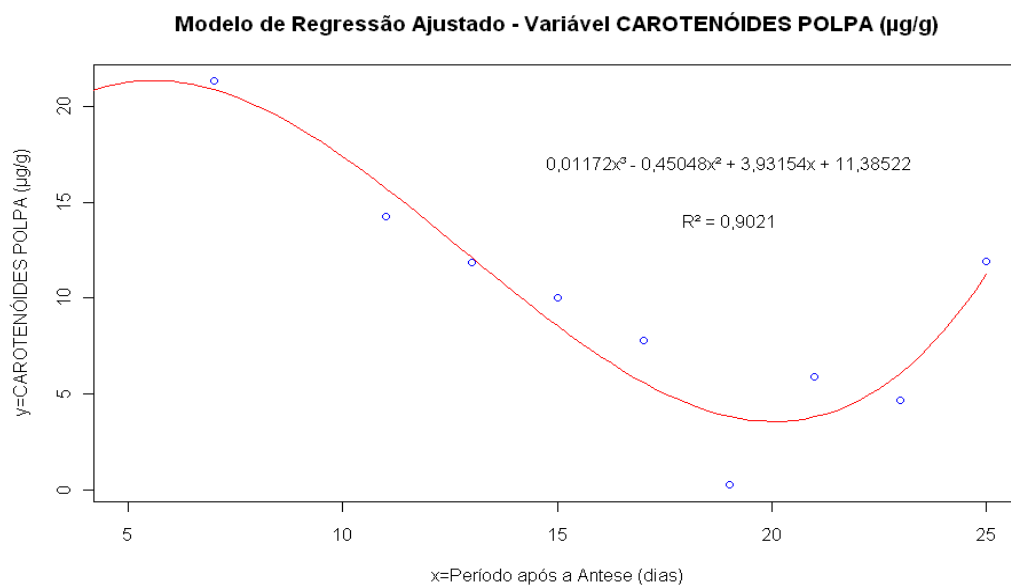


Figura 30 - Modelo de regressão da variável carotenóide expresso em µg de β caroteno / g da polpa.

Tabela 22 - Resultado da Análise de Regressão das Variáveis Carotenóides Casca e Carotenóides Polpa quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Carotenóides casca	2,962	0,8401	8,754 (glf=3 e 5)	0,01961
Carotenóides Polpa	2,411	0,9021	15,36 (glf=3 e 5)	0,005886

5.14. CLOROFILA

Pode-se observar na Figura 31 e 32 que houve uma correlação entre os valores médios de clorofila a e b casca, que decresceram conforme o avanço do desenvolvimento do fruto. Para os dados de clorofila a, b e clorofila total da casca e da polpa os testes indicaram $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, os modelos propostos são significativos a realidade dos dados (Tabela 23). Ao comparar a clorofila total da casca e clorofila total da polpa (Figura 35 e 36) observa-se que a clorofila demonstra maior concentração na casca do que na polpa. Aos 17 dias após a antese houve um pequeno aumento do teor de clorofila a, enquanto para a clorofila b da casca este aumento ocorreu entre 11 e 17 dias após a antese. Tanto Clorofila a quanto b

da polpa (Figura 33 e 34) decresceram durante o desenvolvimento do fruto. Os teores de clorofila a e b caíram de modo significativo. Segundo Roca e Mínguez-Mosquera (2001), a maioria das frutas com coloração verde (não maduras) se deve à presença de clorofila nos cloroplastos. Com o amadurecimento, a clorofila é destruída pela ação da clorofilase e outros pigmentos aparecem ou são sintetizados. A degradação da clorofila envolve a interação de duas enzimas, a “feoforbídeo *a* oxigenase”(PaO) e a enzima “redutase da via dependente da ferrodopina” (RCCR), sendo a atividade da PaO encontrada somente durante a senescência e parece ser uma enzima chave do catabolismo das clorofilas (PRUZINSKÁ et al., 2003).

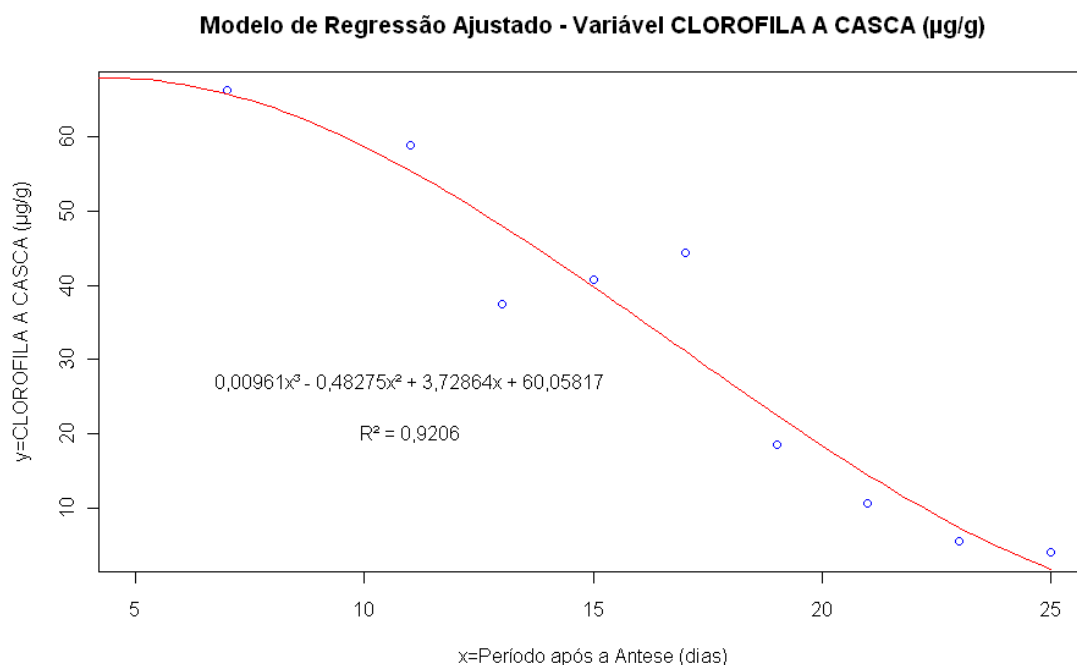


Figura 31 - Modelo de regressão da variável Clorofila a expresso em µg/g de casca.

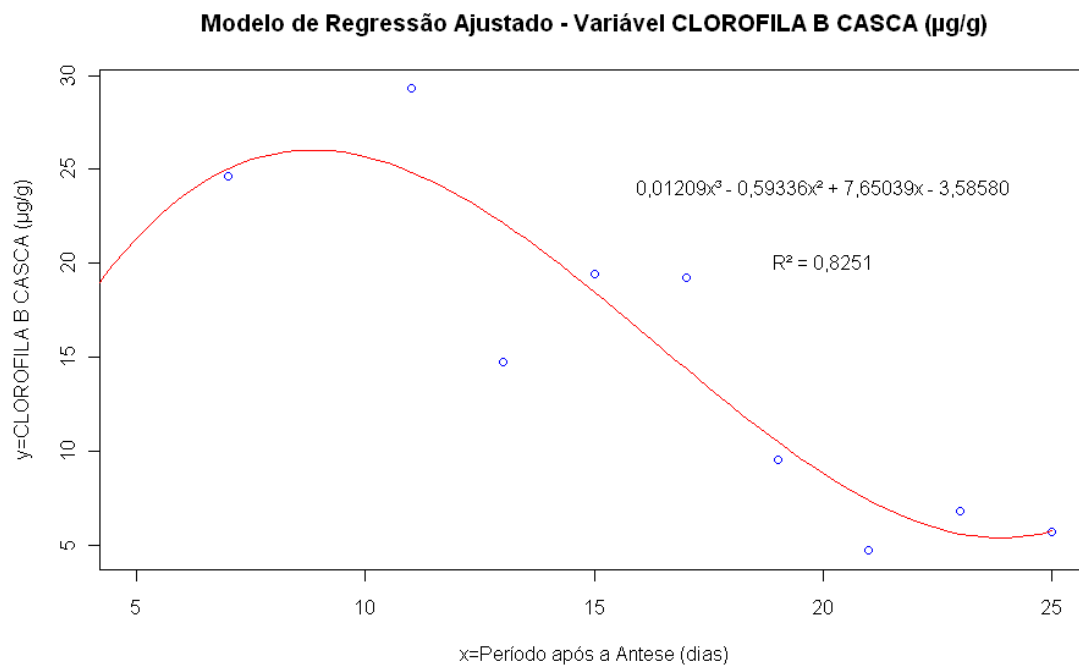


Figura 32 - Modelo de regressão da variável Clorofila **b** expresso em µg/g de casca.

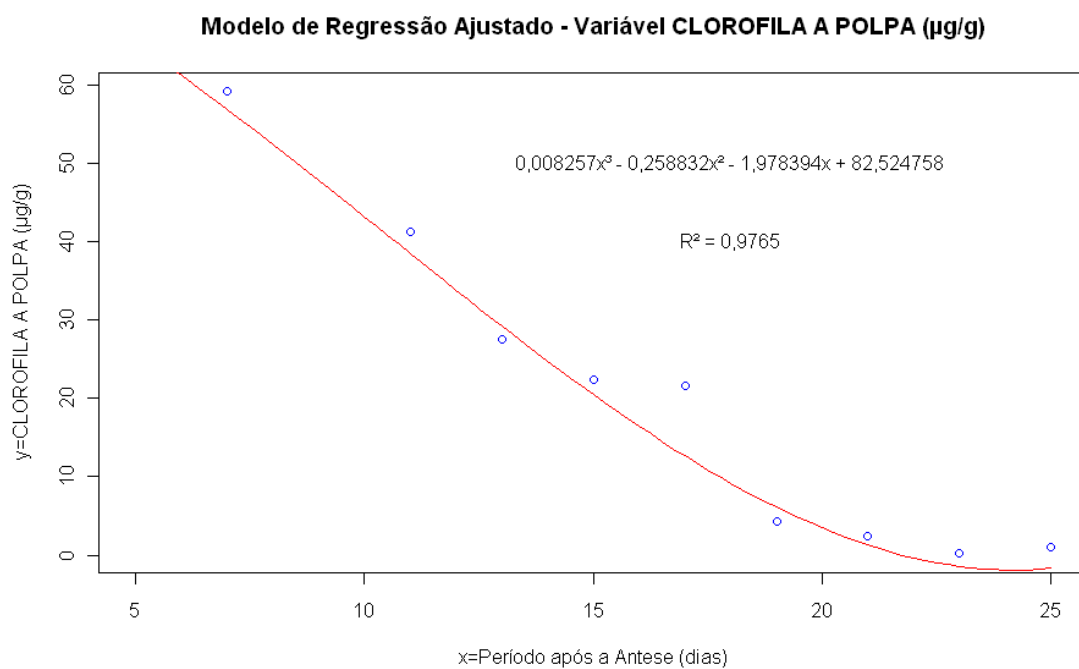


Figura 33 - Modelo de regressão da variável Clorofila **a** expresso em µg/g de polpa

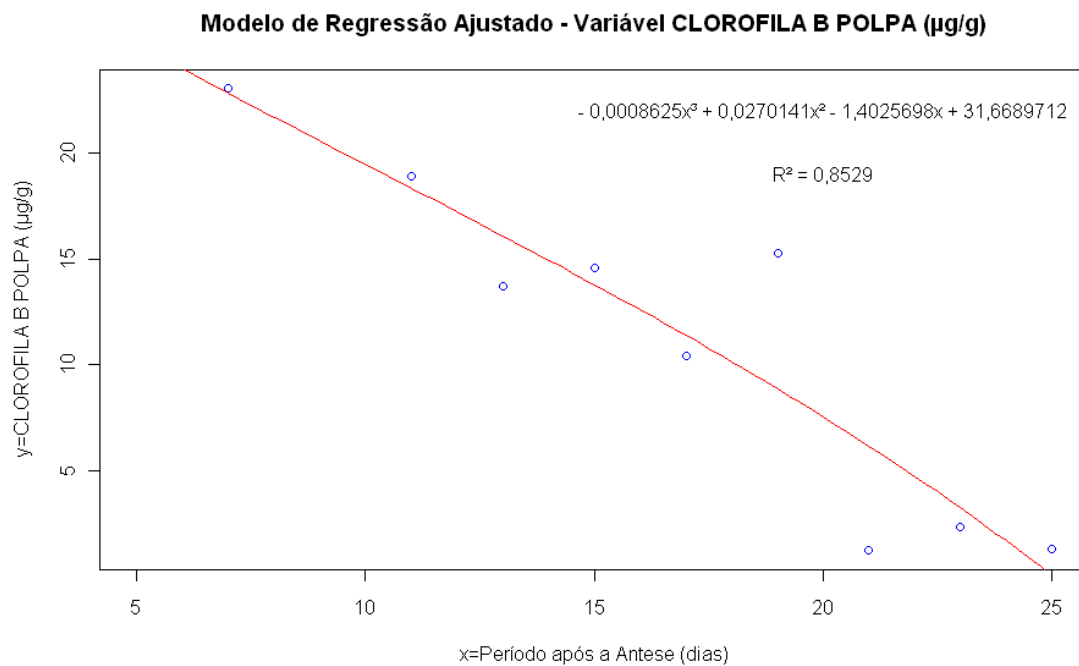


Figura 34 - Modelo de regressão da variável clorofila **b** expresso em µg/g de polpa.

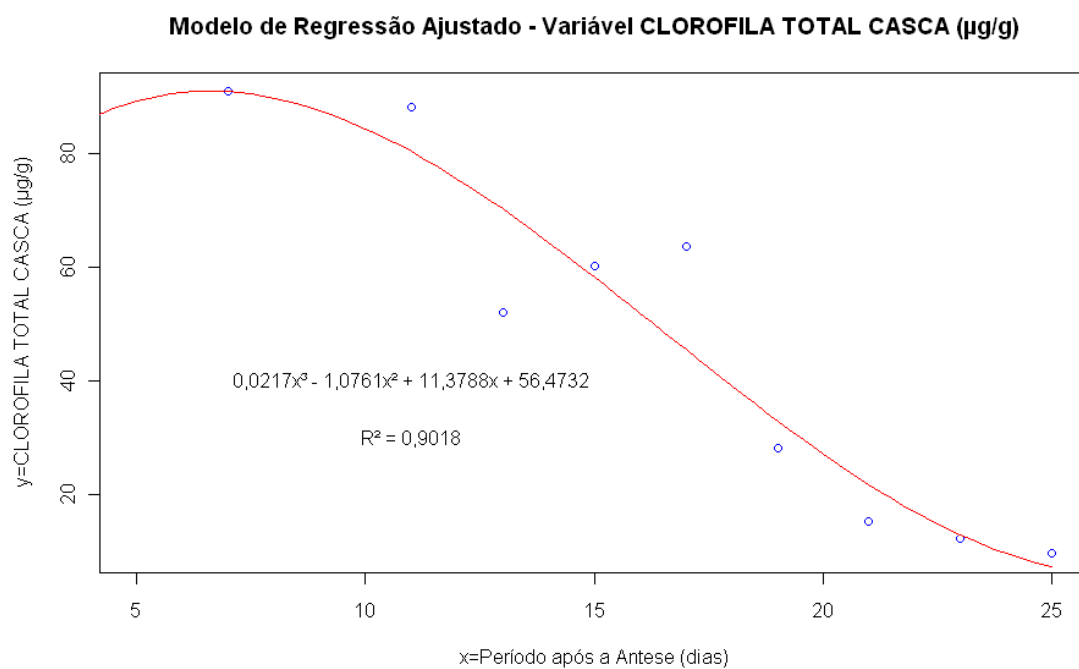


Figura 35 - Modelo de regressão da variável clorofila total expresso em µg/g de casca.

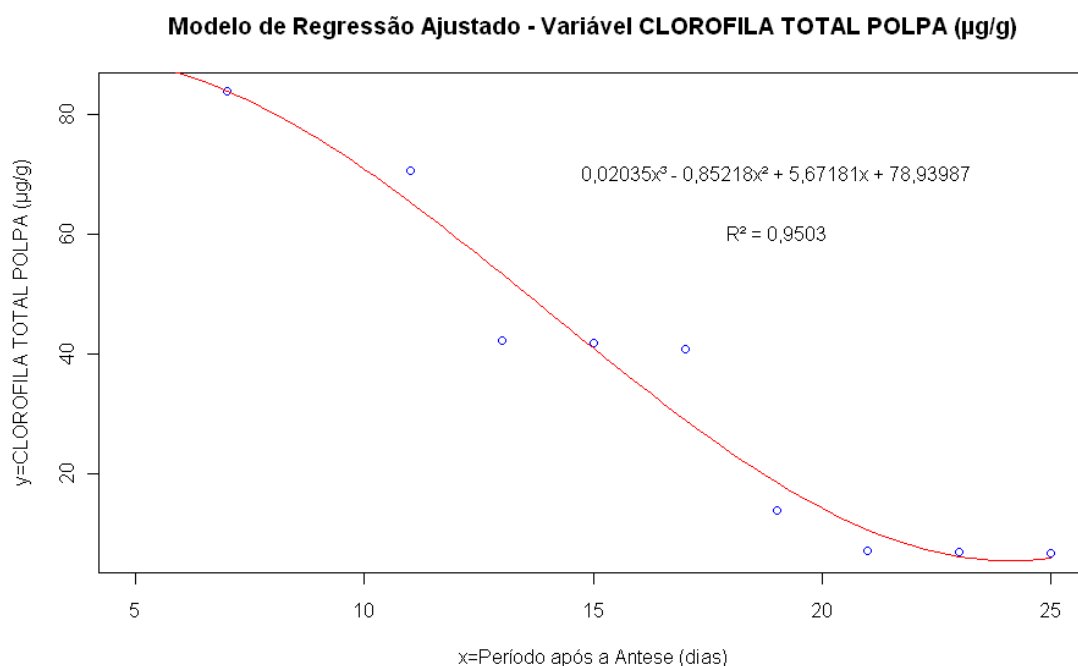


Figura 36 - Modelo de regressão da variável clorofila total expresso em µg/g de polpa.

Tabela 23 - Resultado da Análise de Regressão das Variáveis Clorofila “a” casca, e da Clorofila “a” polpa; Clorofila “b” casca e Clorofila “b” polpa; Clorofila total casca e Clorofila total polpa quanto à Significância do Modelo Proposto

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Clorofila a casca	8,237	0,9206	19,32 (glf =3 e 5)	0,003517
Clorofila a polpa	3,969	0,9765	69,22 (glf =3 e 5)	0,0001712
Clorofila b casca	4,672	0,8251	7 864 (glf =3 e 5)	0,02436
Clorofila b polpa	3,89	0,8529	9,662 (glf =3 e 5)	0,01600
Clorofila total casca	12,57	0,9018	15,31 (glf =3 e 5)	0,005936
Clorofila total polpa	8,082	0,9503	31,87 (glf =3 e 5)	0,001101

5.15. FLAVONÓIS

Pode-se observar na Figura 37 que os flavonóis decresceram até o 17º dia após a antese e depois houve uma ascensão dos flavonóis concomitante com a síntese da antocianina. Para os dados de flavonóis casca e polpa, o teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 24). A síntese dos flavonóis ocorrem antes da síntese das antocianinas de acordo Winkel-Shirley (2001) (Figura 7). A estabilidade das antocianinas ao descoramento pode ocorrer através da co-pigmentação, especialmente com os flavonóis, que exercem uma ação protetora sobre as moléculas de antocianinas (BOBBIO e BOBBIO, 1995). Ao comparar o teor de flavonóis na casca e flavonóis na polpa, evidencia-se um teor significativamente mais alto deste constituinte na casca (Figura 38). Lima et al., (2002), quantificando flavonóis em pitanga roxa (casca e polpa) evidenciaram uma maior concentração desse pigmento na casca. Lima et al., (2000), analisando acerola madura da variedade Okinawa encontraram valores de $93 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de quercentina valores esses superiores ao encontrado nesse estudo $23 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de quercentina ao 25º dia após antese. Hoffmann-Ribani et al., (2009), analisando acerola madura, também encontraram resultados superiores: 41 á 53 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de quercentina. Vários fatores podem ter contribuído para as acerolas apresentarem teor extremamente baixo de flavonóis ao comparar com outros estudos. Um deles é que esse fitoquímico é sensível a variações sazonais (HUBER e RODRIGUES- AMAYA, 2008). Vários estudos demonstraram efeito sazonal nos teores de flavonóis e verificaram um aumento desse constituinte no verão. Em adição aos fatores intrínsecos o conteúdo de flavonóis é fortemente influenciado por fatores externos: como estação do ano, incidência de radiação UV, clima, composição do solo, preparo e processamento e outros (HUBER e RODRIGUES- AMAYA, 2008). As variações dos nossos resultados deveram-se provavelmente às condições edafoclimáticas, pois os frutos foram colhidos na safra do inverno (época de chuva) de 2009.

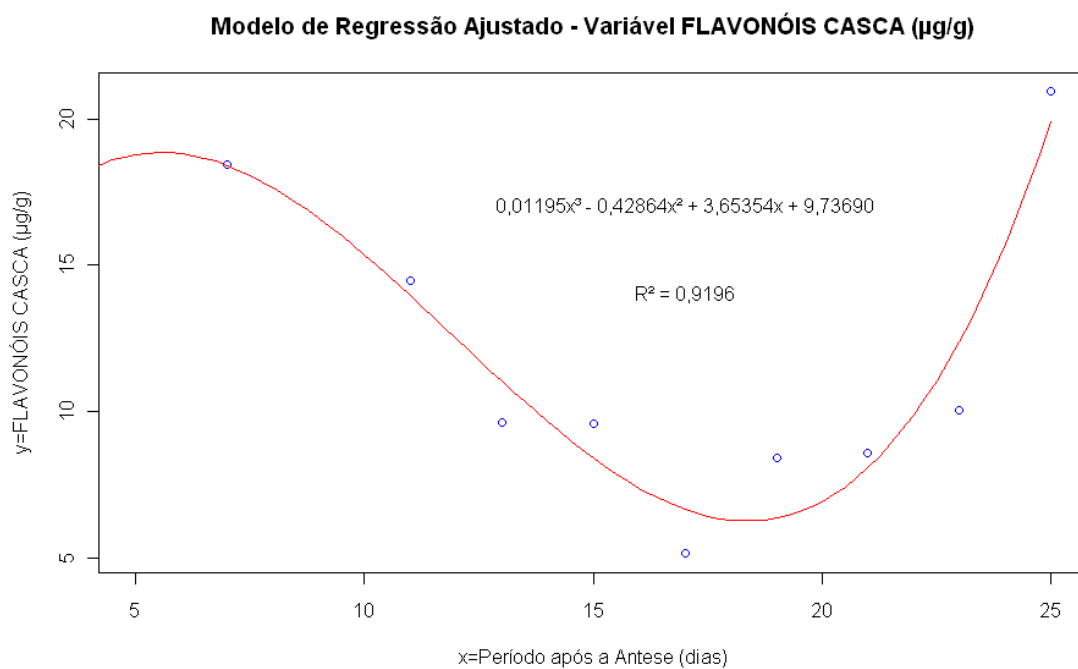


Figura 37 - Modelo de regressão da variável flavonóis expresso em µg/ g de quercentina da casca

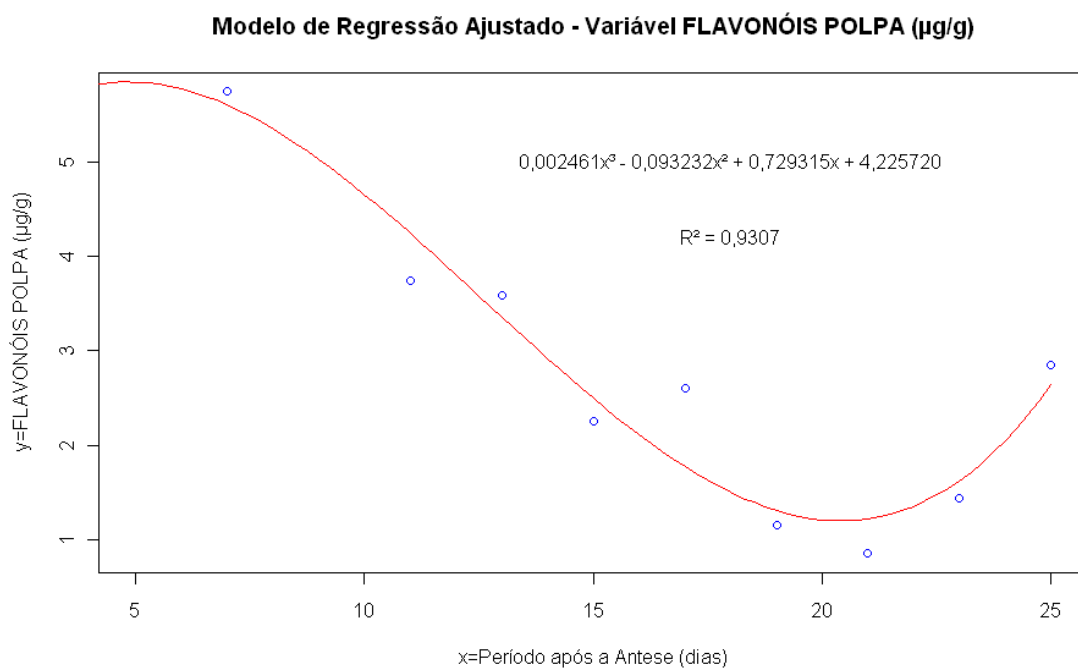


Figura 38 - Modelo de regressão da variável de flavonóis expressos em µg/ g de quercentina da polpa.

Tabela 24 - Resultado da Análise de Regressão das Variáveis Flavonóis Casca e Flavonóis Polpa quanto à Significância do Modelo Proposto

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R ²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Flavonóis casca	1,848	0,9196	19,07 (glf =3 e 5)	0,003623
Flavonóis polpa	0,5107	0,9307	22,37 (glf =3 e 5)	0,002515

5.16. AÇÚCARES REDUTORES E TOTAIS

Para os dados de açúcares totais e redutores, o teste indicou $F_{cal} > F_{tab}$, apresentando um valor de $p \leq 5\%$. Logo, o modelo proposto é significativo a realidade dos dados (Tabela 25). Houve um acréscimo no conteúdo de açúcares redutores e totais, com o prosseguimento do desenvolvimento da acerola. Resultado semelhante foi encontrado por Vendramini e Trugo (2000) que encontraram em acerolas de três estágios de maturação açúcares redutores entre 3,3 a 4,4 e 4,3 a 4,4 para açúcares totais, valores esses superiores aos encontrados nesse estudo. Ferreira et al., (2009), analisando a acerola em seis estágios de maturação verificaram aumento dos açúcares totais que variaram de 7,57 á 12,43 g · 100g⁻¹, valores esses bastante superiores aos encontrados nesse estudo. Os nossos resultados foram provavelmente inferiores aos citados por outros autores por os frutos serem de colheita de inverno. No entanto, França e Narain (2003) analisando acerola em dois estágios de maturação observam que as safras não exerceram influência nos açúcares redutores.

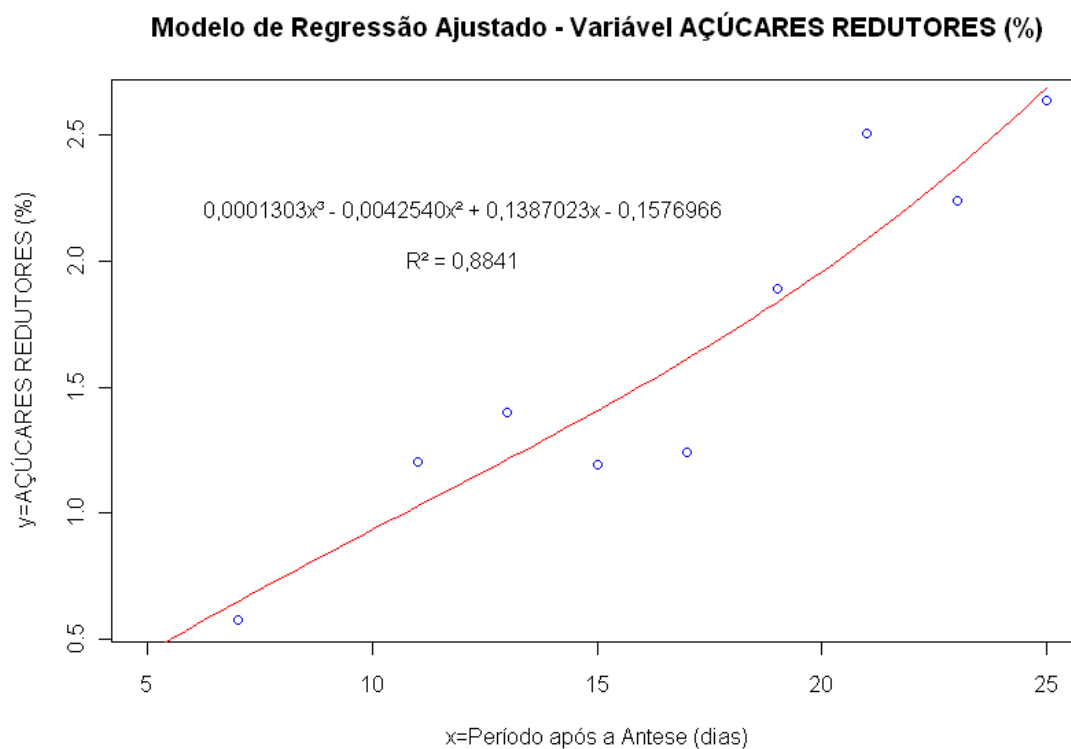


Figura 39 - Modelo de regressão da variável de açúcares redutores expressos em percentagem.

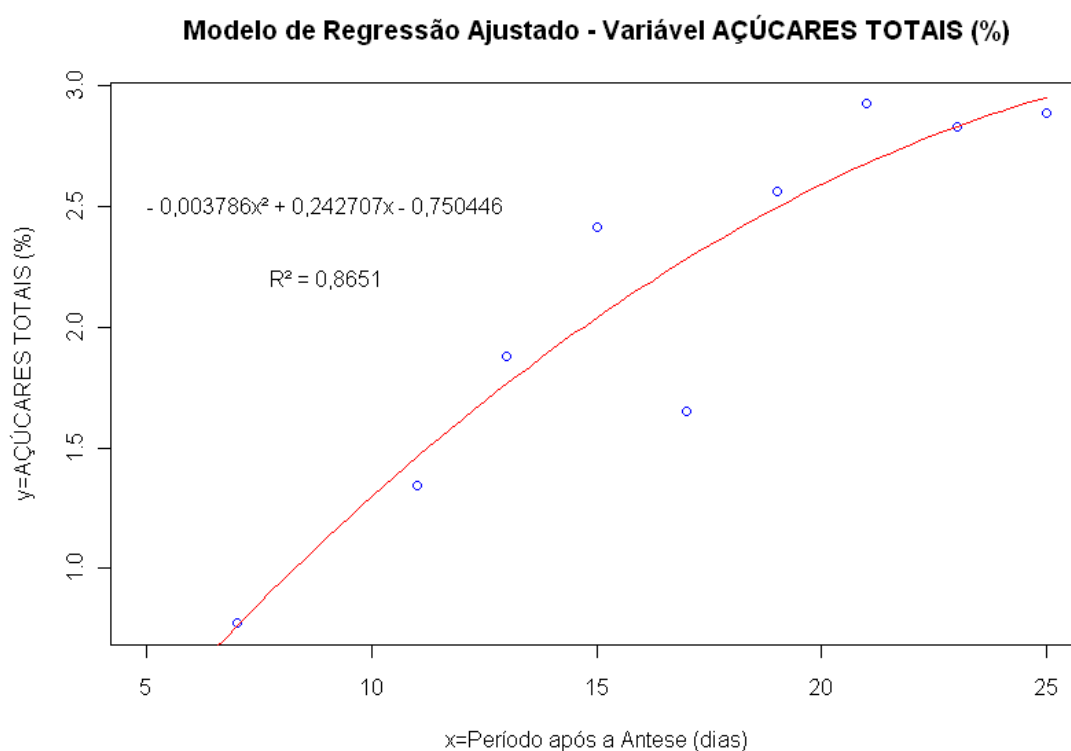


Figura 40 - Modelo de regressão da variável de açúcares total expressos em percentagem.

Tabela 25 - Resultado da Análise de Regressão das Variáveis açúcares totais (%) e Açúcares redutores (%) quanto à Significância do Modelo Proposto.

Variável	Erro Padrão Residual (EPR)	Coefficiente de Determinação (R²)	F-calculado	P-value (NS=5%)
Açúcares totais (%)	0,3253	0,8651	19,24 (glf =2 e 6)	0,002453
Açúcares redutores (%)	0,301	0,8841	12,71 (glf =3 e 5)	0,008924

6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, nas condições experimentais estudadas, pode-se concluir que:

- O estágio de desenvolvimento (abertura da flor até o amadurecimento) da acerola compreendeu um período de 25 dias no inverno corroborando com a literatura.
- Os resultados das análises de açúcares totais e redutores, sólidos solúveis totais, o decréscimo da clorofila, aparecimento da antocianina e solubilização do ácido péctico permitem inferir que o início da maturação ocorreu no 19º dia após antese.
- O aumento do peso, diâmetro equatorial, diâmetro polar e volume ao longo do seu estágio de desenvolvimento podem caracterizar um crescimento sigmoidal simples.
- Os pigmentos (carotenóides, clorofila, antocianina e flavonóis) tiveram mais presentes na casca.
- O ponto de colheita mais indicado é a partir do 23º dia após antese devido aos frutos apresentarem baixos teores de clorofila e aumento significativo de carotenóides, flavonóis e antocianina.
- A acerola no estágio maduro destaca-se por apresentar teores significativos destes compostos bioativos como carotenóides, antocianinas, flavonóis e ácido ascórbico que fazem desta fruta uma fonte promissora de compostos antioxidantes cujo cultivo deveria ser estimulado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTINO, A.; BARGE, A.; CRAVOTTO, G.; GENZINI, L. Natural origin f ascorbic acid: Validation by ^{13}C NMR and IRMS. **Food chemistry**, London, v.112, p. 715-720, 2009.

ALMEIDA, J. I. L.; LOPES, J. G. V.; OLIVEIRA, F. M. M. **Produtor de acerola**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2002. 40p.

ANDRIGUETO, J. R.; NASSER, L. C. B.; TEIXEIRA, J. M. A.; SIMON, G.; VERAS, M. C. V.; MEDEIROS, S. A. F.; SOUTO, R. F.; MARTINS, M. V. de M. Produção Integrada de Frutas e Sistema Agropecuário de Produção Integrada no Brasil. In: Ministério da Agricultura, 2008.

ANTUNES, A. M.; VALMORBIDA, J.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Uso de reguladores vegetais na conservação refrigerada de acerolas (*Malpighia glabra* L.). **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1241- 1245, 2006.

ARANHA, F. Q.; MOURA, L. S. A.; SIMÕES, M. O. S.; BARROS, Z. F.; QUIRINO, I. V. L.; METRI, J. C.; BARROS, J. C. Normalização dos níveis séricos de ácido ascórbico por suplementação com suco de acerola (*Malpighia glabra* L.) ou farmacológica em idosos institucionalizados. **Revista Nutrição**, Campinas, v.17, n.3, p.309-317, 2004.

ASSIS, S. A.; LIMA, D.C.; OLIVEIRA, O.M. M. F. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. **Food Chemistry**, London, v.74, p.133-137, 2001.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST- A.O.A.C. **Official methods of analysis**, 15th ed. Arlington, AOAC, 1990. v.2, 109 p.

BARATA-SOARES, A. D.; GOMEZ, M. L. P. A.; MESQUITA, C. H.; LAJOLO, F. M. Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Rio de Janeiro, v.16, n.3, p.147-154, 2004.

BARNABÉ, D.; VENTURINI FILHO, W. G. Características físico-químicas e sensoriais de refrigerantes de acerola produzidos a partir de suco desidratado e extrato seco da Fruta. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 7, p.69-76, 2004.

BATISTA, M. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Parâmetros físicos e químicos da acerola (*Malpighia puniceifolia*, L.) em diferentes fases de maturação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.2, p.19-24, 2000.

BERILLI, S. S.; OLIVEIRA, J. G.; MARINHO, A. B.; LYRA, G. B.; SOUSA, E. F.; VIANA, A. P.; BERNARDO, S.; PEREIRA, M. G. Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. **Revista Brasileira Fruticultura**. Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 11-14. 2007.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. 2.ed. São Paulo : Varela, 1995. 222p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para análise de Alimentos** / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

BRUNINI, M. A.; MACEDO, N. B.; COELHO, C. V.; SIQUEIRA, G. F. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.3, p. 486-489, 2004.

CAMPBELL, A. D.; LABAVITCH, J. M. Induction and Regulation of Ethylene Biosynthesis and Ripening by Pectic Oligomers in Tomato Pericarp Discs. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 97, 706-713, 1991.

CARPENTIERI-PIPOLO, V.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C.; GONZALES, M. G. N.; POPPER, I.; ZANATTA, S.; SILVA, F. A. M. Seleção de genótipos parentais de acerola com base na divergência genética multivariada. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 35, n. 8, 2000.

CARRINGTON, C.M.S.; KING, R.A.G. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* D.C. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.92, n.1, p.1-7, 2002.

CASTELFRANCO, P. A. Chlorophyll biosynthesis: Recent Advances and Areas of Current Interest. **Annual Review Plant Physiology**, [S.l.] :v.34, p. 241-78, 1983.

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, [S.l.] : v. 4, n. 2, 2004.

CHAN, H. T.; YAMAMOTO, H. Y. Kinetics of anthocyanin decomposition in acerola juice. **Asean Food J**, [S.l.] :v. 9, p.132-135, 1994.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós- colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2 ed, Lavras: UFLA, 783p, 2005.

COELHO, Y. S.; RITZINGER, R.; OLIVEIRA, J.R.P. et al.Proacerola: Programa de desenvolvimento da Cultura da Acerola no Estado da Bahia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 49., 2003, Fortaleza, **Abstract...** Fortaleza: Sociedade Interamericana de Horticultura Tropical, 2003. 303p.

COSTA, L. C.; PAVANI, M. C. M. D.; MORO, F. V. PERECIN, D. Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia emarginata* DC): Avaliação da vitalidade dos tecidos. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 532-534, 2003.

CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D.; RIBEIRO, L. J. Constituintes químicos da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* st. hil.) durante a maturação. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.1, p. 130-135, 2000.

DEUTSCH, J. C. Review: Dehydroascorbic acid. **Journal of Chromatography A**, [S.l.] : v. 881, p. 299–307, 2000.

DOONER, H.K.; ROBBINS, T.P. Genetic and developmental control of anthocyanin in biosynthesis. **Annual Review Genet.** [S.l.] :v, 25, p. 173-99. 1991.

EMBRAPA. Caracterização social e econômica da videira. Disponível em <http://www.cpatas.embrapa.br/sistema_producao/spvideira/socioeconomia.htm>. Acesso em 20 de Fevereiro de 2009.

FERREIRA, R. M. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, P. A.; QUEIROZ, R. F.; PONTES FILHO, F. S. T. Ponto de colheita da acerola visando à produção industrial de polpa. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa**, [S.l.] :v.4, n.2, p. 13 – 16, 2009.

FNBNAS-Food and Nutrition Board of the National Academy of Science – Dietary reference intakes for Vitamina C, Vitamina E, Selenium and carotenoids, Wasington: National Academy Press, 2000. 15p.

FORNARO, A.; COICHEV, N. Ácido l-ascórbico: reações de complexação e de óxido-redução com alguns íons metálicos de transição. **Química nova**, v. 21, n.5, p.642-650, 1998.

FRANÇA, V.C; NARAIN, N. Caracterização química dos frutos de três Matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). Ciência e Tecnologia de alimentos, Campinas, v.23, n.2, p.157-160, 2003.

FREIRE, J. L. O.; LIMA, A. N.; SANTOS, F. G. B. MARINUS, J. V. M. L. Características físicas de frutos de acerola cultivada em Pomares de diferentes microrregiões do estado da Paraíba, **Agropecuária Técnica**, v.27, n.2, p.105–110, 2006.

GAVA, A. J. **Princípios da Tecnologia de Alimentos**. São Paulo, Ed. Nobel, 1998.

GOMÉZ, ANA. SILVEIRA. Influencia das condições de conservação sobre a qualidade pós colheita de diferentes cultivares de maçã. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos. RS, 2005.

GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A.B.G.; FERRAUDO, A. S. Análises de agrupamento e de componentes principais no processo seletivo em genótipos de aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.1, p. 36-39, 2000.

GONÇALVES, C. A. A.; LIMA, L. C. O.; LOPES, P. S. N.; PRADO, M. E. T. Caracterização física, físico-química, enzimática e de parede celular em diferentes estágios de desenvolvimento da fruta de figueira. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p. 220-229, 2006.

GOUVEIA, J. P. G. ALMEIDA, F. A. C.; MEDEIROS, B. G. S.; RIBEIRO, C. F. A.; SILVA, M. M. Maturação da goiaba (*Psidium guajava* L.) mediante parâmetros físico-químicos, **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, n.1, p.85-94, 2003

GRANICK, S. Biosynthesis of chlorophyll and related pigments. **Plant Physiology**, Bethesda, v.2, p.115-144, 1951.

HAGERMANN, A.E.; AUSTIN, P.J. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methyl-esterase. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 34, p. 440-444, 1986.

HOFFMANN-RIBANI, R.; HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonols in fresh and processed Brazilian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S.l.] : v. 22, p.263–268, 2009.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em Alimentos, **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v.19, n.1, p. 97-108, 2008.

LANFER-MARQUEZ, U. M. O papel da clorofila na alimentação humana: uma revisão. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, [S.l.] :v. 39, n. 3, p.227- 246, 2003.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, [S.l.] : v. 20, p.207–220, 2000.

LEES, D. H.; FRANCIS, F.J. **Standardization of pigment analyses in cranberries.** **HortScience**, [S.l.] :v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LICHTENTHALER, H.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV- VIS Spectroscopy. **Current protocols in Food Analytical Chemistry**, F4.3.1- F4.3.8, 2001.

LIMA, V. L. A. G DE; MÉLO, E. DE A; LIMA, L. DOS S; LIMA, D. E. DA S. Frozen acerola pulp: temperature effect on total anthocyanins and flavonols. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n. 3, p. 2002b.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LIMA, L. S.; NASCIMENTO, P. P. Flavonóides em seleções de acerola (*Malpighia* sp.L.). 1- Teor de antocianinas e flavonóis totais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 1063-1064, 2000.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, D. E. S. Avaliação do teor de antocianinas em polpa de Acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC.). **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 23, n.1, p.101-103, 2003.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Science agricultural**, Piracicaba, v. 59, n. 3, 2002a.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; PRAZERES, F. G.; MUSSER, R. S.; LIMA, D. E. S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, London, v.90, p.565–568, 2005.

LOHANI S, TRIVEDI PK, NATH P. Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and IAA. **Postharvest Biology Technology**, [S.l.]: v. 1, p.1-8. 2004.

MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A. LIMA, V.L.A.G. SILVA, W.S. MARANHÃO, C.M.C. SOUZA, K.A. Características sensoriais e físico-químicas de geléias mistas de manga e acerola. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 247-256, 2009.

MALLER, ALEXANDRE. Produção, Purificação e Caracterização do Complexo Pectinolítico do Fungo *Aspergillus niveus*. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade São Paulo, São Paulo, 2008.

MARTINS, C. G. M.; LORENZON, M. C. A.; BAPTISTA, J. L. Eficiência de tipos de polinização em acerola. **Caatinga**, Mossoró, v. 12, p. 55-59, 1999.

MARTINS, GILBERTO DE ANDRADE. **Estatística geral e aplicada**. 3ed. São Paulo, Editora Atlas, 2006.

MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; FOLEGATTI, M. I. S.; OLIVEIRA, J. R. P.; OLIVEIRA, J. A. B.; SANTOS, D. B. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, 2001.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 138-141, 2002.

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S.; CARDOSO, R. L.; FERREIRA, D. C. Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 6, p. 604-608, 2004.

MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; FOLEGATTI, M. I. S.; OLIVEIRA, J. R. P.; OLIVEIRA, J. A. B.; SANTOS, D. B. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2001.

McGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, 1254- 1255, 1992.

MÉLO, E. A.; LIMA, V. L. A.G.; NASCIMENTO, P. P, Formulação e avaliação físico-química e sensorial de geléia mista de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e acerola (*Malpighia* sp). **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 58, p. 49-51, 1998.

MI TANG. Changes in organic acids and acid metabolism enzymes in melon fruit during development. **Scientia Horticulturae**, v. 123, p. 360–365, 2010.

MURRAY, J. R.; HACKETT, W. P. Dehydroflavonol reductase activity in relation differential anthocinin accumulation in juvenile and mature phase *Hedera helix* L. **Plant Physiology**, Bethesda, v.97, p.343-351, 1991.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Caracterização física e de produção de acerola do banco ativo de Germoplasma em Pernambuco. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 2, p. 320-323, 2005.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Caracterização física e de produção de acerola do banco ativo de Germoplasma em Pernambuco. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 320-323, 2005.

NETTO, LUIZ MARINO. **Acerola: a Cereja Tropical**. Editora: Nobel/ dieberger, 1986, 94p.0000

NEVES, IVO PESSOA. Cultivo de acerola. **D o s i ê t é c n i c o**. Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA, 2007.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; JUNIOR, J. F. S. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

NOGUEIRA, A.; SANTOS, L. D.; PAGANINI, C.; WOSIACKI, G. Avaliação da fermentação alcoólica do extrato de bagaço de maçã. Seminário: Ciências Agrárias, Londrina, v.26, n.2, p.179-186, 2005.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da *Embrapa Mandioca e Fruticultura* em recursos genéticos e melhoramento. In: SIMPÓSIO RECURSOS GENÉTICOS E MELHORAMENTO DE PLANTAS PARA O NORDESTE BRASILEIRO. 13, 1994, Petrolina, PE. **Resumos...** Petrolina, PE, 1998.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; MOURA, C. F. H.; E ALMEIDA, A. S. Seleção de Clones de Acerola (*Malpighia emarginata*) no Estado do Ceará, Brasil. **Proceedings of the Interamerican Society For Tropical Horticulture**, [S.l.]: v.47, p.99-102, 2003.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S, PAIXÃO, J. A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, Madrid, v. 10, n.4, p.196-211, 2009.

PORCU, O. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. Carotenóides em suco e polpa congelada de acerola. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 5.; DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO E A INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS, 2003, Campinas, SP: **Resumos...** Campinas: Unicamp, 2003. CD-ROM.

PRATI, P.; MORETTI, R. H.; CARDELLO, H. M. A. M. Elaboração de bebida composta por mistura de garapa parcialmente clarificada-estabilizada e suco de frutas ácidas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25 n.1, p. 147-152, 2005.

PRUZINSKA, A. et al. Chlorophyll breakdown: Pheophorbide a oxygenase is a rieke-type iron- sulfur protein, encoded by the accelerated cell death 1 gene. **Plant Biology**, Waterbury, v.100, n.25, 2003.

KASHYAP, D. R.; VOHRA, P. K.; CHOPRA, S.; TEWARI, R. Applications of pectinases in the commercial sector: a review. **Bioresource Technology**, [S.l.] : v. 77, n. 3, p. 215-227, 2001.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd, 1977. 634 p.

ROCA, M.; MÍNGUEZ-MOSQUER, M. I. Unusual Carotenogenesis in Fruits with Pronounced Anthocyanic Ripening (*Olea europaea* Var. *Arbequina*). **Journal Agricolgy Food Chemistry**, Easton, v.49, p. 4414-4419, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Latin American food sources of carotenoids. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 49, p. 74S-85S, 1999.

ROSSO, V. V. Composição de carotenóides e antocianinas em acerola. Composição de carotenóides e antocianinas em acerola. Estabilidade e atividade antioxidante em sistemas-modelo de extratos antociânicos de acerola e de açaí. **Tese de doutorado em Ciência de Alimentos**. Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, 2006, p. 136.

ROSE J.K.C; HADFIELD KA; LABAVITCH JM; BENNETT A.B. Temporal sequence of cell wall disassembly in rapidly ripening melon fruit. **Plant Physiology**, Bethesda, v.117, p.345-361. 1998.

ROSSETTO, M. R. M; LAJOLO, F M; CORDENUNSI, B. R. Influência do ácido giberélico na degradação do amido durante o amadurecimento da banana. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, 2004 .

RYALL, A.L.; W.J. LIPTON. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Vegetables and melons, **WestportCT**, New England, v. 1, 1979.

SAMPAIO, S. A., BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; SILVA, S. M. Postharvest respiratory activity and changes in some chemical constituents during maturation of yellow mombin (*Spondias mombin*) fruit. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p. 511-515, 2007.

SANTOS, CARLA; **Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem**, Lisboa, Edições Silabo, 2007.

SETHU, K.M. P.; PRABHA, T.N.; THARANATHAN, R.N. Post- harvest biochemical changes associated with the softening phenomenon in Capsicum Annum Fruits. **Pytochemistry**, v.42, n.4, p. 961-966, 1996.

SIMÃO, S. Cereja das Antilhas. In: **Manual de fruticultura**. São Paulo: Agronômica CERES, 1971, p. 477-485, 530p.

SOMOGY, M. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 195, p. 19-23, 1952.

SOUZA, M. J. H.; GUIMARÃES, M. C. A.; GUIMARÃES, C. D. L.; FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, A. M. S. Potencial agroclimático para a cultura da acerola no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, 2006.

TAIZ, L.; ZIEGLER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre : Artmed, 2004, 693p.***

VALDUGA, E.; TATSCH, P. O.; TIGGEMANN, L.; TREICHEL, H.; TONIAZZO, G.; ZENI, J.; LUCCIO, M. D.; JÚNIOR, A. F. Produção de carotenóides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2429-2436, 2009.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T. BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista brasileira nutrição clinica**, v.23, n.2, p. 141-149, 2008.

VENDRAMINI, ANA L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (Malpighia puniceifolia L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, London, v. 71, p. 195-198, 2000.

WINKEL-SHIRLEY, B. Flavonoid Biosynthesis. A Colorful Model for Genetics, Biochemistry, Cell Biology, and Biotechnology. **Plant Physiology**, Bethesda, v 126, p. 485-493, 2001.

8. ANEXO

Características Físicas	Período Após a Antese								
	7 dias	11 dias	13 dias	15 dias	17 dias	19 dias	21 dias	23 dias	25 dias
COR a*	-9,972	-9,800	-8,505	-9,010	-8,143	13,909	27,600	36,171	26,372
COR b*	42,283	35,508	36,300	34,537	31,430	34,598	27,151	18,045	8,719
COR L*	67,353	61,835	60,885	59,959	54,909	58,563	44,133	35,309	25,750
DIÂMETRO EQUATORIAL	1,137	2,012	2,323	2,634	2,900	2,980	3,015	3,022	3,108
DIÂMETRO POLAR	1,212	1,788	2,040	2,246	2,419	2,483	2,502	2,514	2,549
PESO	0,867	4,158	6,350	8,980	11,796	12,614	13,239	13,936	13,962
VOLUME	0,810	3,880	6,290	8,290	11,690	11,840	11,670	11,610	11,830

Características Físico-Químicas	Período Após a Antese								
	7 dias	11 dias	13 dias	15 dias	17 dias	19 dias	21 dias	23 dias	25 dias
Ph	4,283	3,640	3,530	3,460	3,420	3,340	3,307	3,280	3,253
SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS	6,400	6,033	6,900	7,037	8,033	8,067	9,000	8,533	8,800

Características Químicas	Período Após a Antese								
	7 dias	11 dias	13 dias	15 dias	17 dias	19 dias	21 dias	23 dias	25 dias
ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL	0,293	0,632	1,302	1,707	1,933	1,972	2,460	2,230	2,230
ÁCIDO ASCÓRBICO	342,472	1293,528	1983,163	2382,433	2537,188	2527,978	2659,728	2223,958	2232,557
AÇÚCARES REDUTORES	0,575	1,203	1,397	1,193	1,241	1,890	2,508	2,241	2,634
AÇÚCARES TOTAIS	0,773	1,341	1,881	2,414	1,652	2,561	2,924	2,827	2,886
ANTOCIANINA CASCA	0,237	0,279	0,408	0,236	0,189	0,718	3,479	12,348	62,725
ANTOCIANINA POLPA	0,154	0,128	0,313	0,193	0,128	0,136	0,173	1,241	5,164
CAROTENÓIDES CASCA	25,125	19,790	15,841	15,913	15,735	9,001	8,076	10,542	21,957
CAROTENÓIDES POLPA	21,295	14,253	11,856	10,015	7,829	0,268	5,895	4,680	11,932
CINZAS	0,650	0,600	0,697	0,480	0,532	0,430	0,265	0,308	0,253
CLOROFILA A CASCA	66,237	58,806	37,394	40,837	44,341	18,590	10,594	5,584	3,961
CLOROFILA A POLPA	59,099	41,189	27,577	22,365	21,664	4,329	2,454	0,185	1,027
CLOROFILA B CASCA	24,626	29,301	14,714	19,439	19,222	9,548	4,685	6,828	5,696
CLOROFILA B POLPA	23,078	18,953	13,716	14,587	10,415	15,259	1,182	2,296	1,268
CLOROFILA TOTAL CASCA	90,863	88,107	52,108	60,275	63,563	28,138	15,279	12,412	9,656
CLOROFILA TOTAL POLPA	83,724	70,491	42,290	41,803	40,886	13,877	7,139	7,012	6,722
FLAVONÓIS CASCA	18,439	14,472	9,647	9,601	5,162	8,436	8,615	10,041	20,925
FLAVONÓIS POLPA	5,748	3,748	3,586	2,257	2,604	1,155	0,847	1,439	2,851
PECTATO DE CÁLCIO	1,075	0,805	1,113	0,990	2,187	1,883	2,072	1,615	1,402
PROTEÍNA	1,443	0,878	1,100	1,010	1,322	1,140	1,032	0,885	0,727
UMIDADE	86,505	88,990	88,970	89,867	89,335	89,827	89,482	92,753	91,912