

PEDRO HENRIQUE MONTEIRO MATARAZZO

**DESENVOLVIMENTO DO FRUTO DE LULO**  
**(*Solanum quitoense* Lam. Var. *septentrionale*) EM VIÇOSA,**  
**MINAS GERAIS.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

PEDRO HENRIQUE MONTEIRO MATARAZZO

**DESENVOLVIMENTO DO FRUTO DE LULO**  
**(*Solanum quitoense* Lam. Var. *septentrionale*) EM VIÇOSA,**  
**MINAS GERAIS.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de dezembro de 2010.

---

Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão  
(Coorientador)

---

Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Coorientador)

---

Danielle Fabíola Pereira da Silva

---

Prof. José Geraldo Barbosa

---

Prof. Dalmo Lopes de Siqueira  
(Orientador)

## **Agradeço e dedico**

Aos meus queridos pais, Concordio Matarazzo e Sandra Regina Almeida Monteiro Matarazzo, razões da minha existência. Devo-lhes tudo o que sou. Obrigado pela confiança, amor e oportunidade.

A minha namorada, Bárbara Sábado Rocha pelo amor, cumplicidade, apoio e companheirismo em todos os momentos. *'Tinhamo'*!

Ao meu irmão, Costabile Matarazzo Neto pela amizade, incentivo e apoio.

A minha família, que amo tanto.

A todos meus amigos, pelos momentos de alegria e aprendizado.

A UFV, onde cresci e vivi os melhores anos de minha vida.

A toda equipe do Laboratório de Análises de Frutas, em especial aos Prof. Dalmo e Salomão, pela paciência e orientação, e aos amigos Danielle, Cícero, Thiago, Daniel, Dierlei e Robson, pela amizade.

A DEUS e ao meu ANJO DA GUARDA por sempre estar ao meu lado e interceder quando preciso.

*Santo Anjo do Senhor,  
meu zeloso guardador,  
se a ti me confiou à piedade divina,  
sempre me rege,  
guarde, governe  
e ilumine  
Amém.*

Como um bom Eng. Agrônomo recomendo a todos *CULTIVAR*:

"Cultive a alegria. Não entregues tua alma à tristeza, não atormentes a ti mesmo em teus pensamentos. A alegria do coração é a vida do homem, e um inesgotável tesouro de santidade; a alegria do homem torna mais longa a sua vida."

*(Eclesiástico 30, 22-27)*

## CONTEÚDO

|   |     |
|---|-----|
| <b>RESUMO</b> .....   | v   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | vii |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 1   |
| <b>2. OBJETIVOS</b> .....   | 7   |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                                      | 8   |
| 3.1. Aspectos gerais do trabalho .....                                  | 8   |
| 3.2. Etapas do trabalho .....   | 9   |
| 3.3. Características físicas .....                                      | 11  |
| 3.3.1. Diâmetro e comprimento .....                                     | 11  |
| 3.3.2. Volume .....   | 11  |
| 3.3.3. Cor do pericarpo .....   | 11  |
| 3.3.4. Espessura do pericarpo.....                                      | 13  |
| 3.3.5. Massas frescas do fruto, do pericarpo e da polpa.....            | 13  |
| 3.3.6. Massas secas do fruto, do pericarpo e da polpa .....             | 13  |
| 3.4. Característica físico-química .....                                | 14  |
| 3.4.1. Sólidos solúveis .....   | 14  |
| 3.5. Características químicas .....                                     | 14  |
| 3.5.1. Vitamina C .....   | 14  |
| 3.5.2. Acidez titulável .....   | 14  |
| 3.5.3. Carotenóides da polpa.....                                       | 15  |
| 3.6. Característica fisiológica .....                                   | 15  |
| 3.6.1. Produção de CO <sub>2</sub> .....                                | 15  |
| 3.7. Relações entre características físicas e químicas dos frutos ..... | 16  |
| 3.8. Delineamento experimental e análise estatística .....              | 16  |

|  |    |
|--|----|
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....   | 18 |
| 4.1. Duração do ciclo reprodutivo .....  | 18 |
| 4.2. Comprimento, diâmetro e volume do fruto .....                             | 18 |
| 4.3. Parâmetros de cor do pericarpo .....                                      | 22 |
| 4.4. Massas frescas do fruto, polpa e pericarpo .....                          | 24 |
| 4.5. Massas secas do fruto, polpa e pericarpo .....                            | 26 |
| 4.6. Espessura do pericarpo .....  | 28 |
| 4.7. Sólidos solúveis .....  | 28 |
| 4.8. Acidez titulável .....  | 30 |
| 4.9. Vitamina C .....  | 31 |
| 4.10. Carotenóides da polpa .....  | 32 |
| 4.11. Produção de CO <sub>2</sub> .....  | 33 |
| 4.12. Fases do desenvolvimento do fruto .....                                  | 34 |
| 4.13. Relações entre características físicas e químicas de frutos maduros .... | 36 |
| <b>5. CONCLUSÕES</b> .....   | 40 |
| <b>6. REFERÊNCIAS</b> .....  | 41 |

## RESUMO

MATARAZZO, Pedro Henrique Monteiro. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, Dezembro de 2010. **DESENVOLVIMENTO DO FRUTO DE LULO (*Solanum quitoense* Lam. Var. *septentrionale*) EM VIÇOSA, MINAS GERAIS.** Orientador: Dalmo Lopes de Siqueira. Co-orientadores: Luiz Carlos Chamhum Salomão; Cláudio Horst Bruckner; Paulo Roberto Cecon.

Objetivou-se acompanhar as mudanças físicas, químicas e fisiológicas ocorridas durante o desenvolvimento do fruto de lulo, da antese até o amadurecimento completo na planta. Os frutos foram colhidos no pomar da Universidade Federal de Viçosa e as análises realizadas no Laboratório de Análise de Frutas do Departamento de Fitotecnia. Foram coletados oito frutos por semana, separados em quatro repetições de dois frutos. O desenvolvimento foi avaliado quanto ao volume, comprimento e diâmetro equatorial do fruto, massas frescas e secas do fruto, polpa e pericarpo, espessura do pericarpo, teores de sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, carotenóides da polpa e produção de CO<sub>2</sub>. As curvas de desenvolvimento para cada característica foram ajustadas por análise de regressão. Os frutos apresentaram um padrão de crescimento sigmoidal simples em resposta à variação do tempo. O ciclo reprodutivo do lulo teve duração de 95 dias. O desenvolvimento do fruto foi dividido em três fases. A primeira fase foi até os 7,39 dias após a antese (DAA), sendo caracterizada pela alta taxa respiratória, provavelmente devido à intensa multiplicação celular, e o pericarpo apresentava coloração verde-claro. A segunda fase estendeu-se a partir dos 7,39 DAA até 57,63 DAA, sendo caracterizada pelas taxas máximas de incremento das dimensões e das massas fresca e seca do fruto, e o pericarpo desenvolveu uma cor verde intensa e a taxa respiratória cresceu até 45 DAA, mantendo-se estável até os 52 DAA. A terceira e última fase do desenvolvimento, estendeu-se a partir dos 57,63 DAA até 95,00 DAA, último dia de avaliação. Essa fase foi caracterizada pela estabilização nas dimensões e no acúmulo de massa fresca. Nesse período ocorreu a ascensão climatérica (dos 52 aos 59 DAA). O climatério respiratório ocorreu aos 66 DAA, com pico de produção de CO<sub>2</sub>

de 110,99 mg de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. O pós-climatério ocorreu dos 73 aos 95 DAA, quando houve aumento no teor de sólidos solúveis e queda da acidez titulável e vitamina C da polpa. Nessa fase, o pericarpo dos frutos apresentava-se com coloração alaranjada. Também foram estudados as características físicas e químicas de 35 frutos totalmente maduros, e os dados foram submetidos à análise de correlação de Pearson. Observou-se grande variação entre os valores obtidos para cada característica. Verificaram-se correlações significativas entre a maioria das características físicas avaliadas. O diâmetro equatorial e o comprimento do fruto apresentaram alta correlação positiva com a massa fresca do fruto, 0,9687\*\* e 0,9647\*\*, respectivamente. O diâmetro equatorial e o comprimento não se correlacionaram significativamente com a percentagem de polpa, indicando que frutos maiores e com maior massa fresca não necessariamente têm maior rendimento de polpa. O ângulo hue apresentou correlação negativa com a massa fresca (-0,2958\*), indicando que frutos com maior massa fresca apresentam coloração da casca menos alaranjada. Em relação às características químicas, a maioria das correlações não foi significativa. Com o trabalho não foi possível encontrar nenhum critério não-destrutivo para definir ponto de colheita dos frutos.

## ABSTRACT

MATARAZZO, Pedro Henrique Monteiro. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2010. **LULU FRUITS (*Solanum quitoense* Lam. Var. *septentrionale*) DEVELOPMENT IN VIÇOSA, MINAS GERAIS.** Advisor: Dalmo Lopes de Siqueira. Co-advisors: Luiz Carlos Chamhum Salomão; Cláudio Horst Bruckner; Paulo Roberto Cecon.

The objective of this study was to monitor the physical, chemical and physiological changes occurring during lulu fruit development, from anthesis to the full plant maturation. The fruits were harvested in the orchard of the Federal University of Viçosa and the analysis performed in the Laboratory of Fruits Analysis, from the Department of Fitotecny. Eight fruits were collected per week, divided into four replicates of two fruits. The development was evaluated by means of volume, length and diameter of the fruit, fresh and dried mass of the fruit, fruit pulp and pericarp, pericarp thickness, soluble solids, acidity, vitamin C, pulp carotenoids and production of CO<sub>2</sub>. The development curves for each trait were adjusted by regression analysis. The fruits had a simple sigmoidal growth pattern in response to weather variations. The reproductive cycle of lulu lasted 95 days. Fruits development was divided into three phases. The first phase was up to 7,39 days after anthesis (DAA), being characterized by high respiratory rates, probably due to the intense cell multiplication and the pericarp showed light green color. The second phase occurred from 7,39 DAA to 57,63 DAA, being characterized by maximum rates of increase in dimensions of the fresh and dry fruit, the pericarp developed an intense green color and respiratory rates increased until 45 DAA and remained stable until 52 DAA. The third and final development phase occurred from 57,63 DAA to 95,00 DAA, the last day of evaluations. This phase was characterized by dimensions stabilization and accumulation of fresh mass. In this period, the climacteric rise (from 52 to 59 DAA) occurred. The respiratory climactery occurred at 66 DAA, with peak production of CO<sub>2</sub> of 110,99 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. The post-

climactery was between 73 and 95 DAA, when soluble solids increased and acidity and vitamin C from the pulp decreased. At this stage, the pericarp of the fruits showed orange coloration. The physical and chemical characteristics of 35 fully ripe fruits were also studied, and the data were analyzed by Pearson correlation. Great variation among the values obtained for each trait could be seen. There were significant correlations between most of the physical characteristics evaluated. The equatorial diameter and length of the fruit showed high positive correlation with fresh fruit mass, 0,9687 \*\* and 0,9647 \*\*, respectively. The equatorial diameter and length were not correlated significantly with the pulp percentage, indicating that bigger fruits, with greater fresh mass do not necessarily have a higher pulp yield. The hue angle was negatively correlated with fresh mass (-0.2958 \*), indicating that the peel of fruits with higher fresh mass show less orange coloration. Regarding chemical characteristics, most correlations were not significant. With this study, no non-destructive criteria could be found to define the fruits harvesting point.

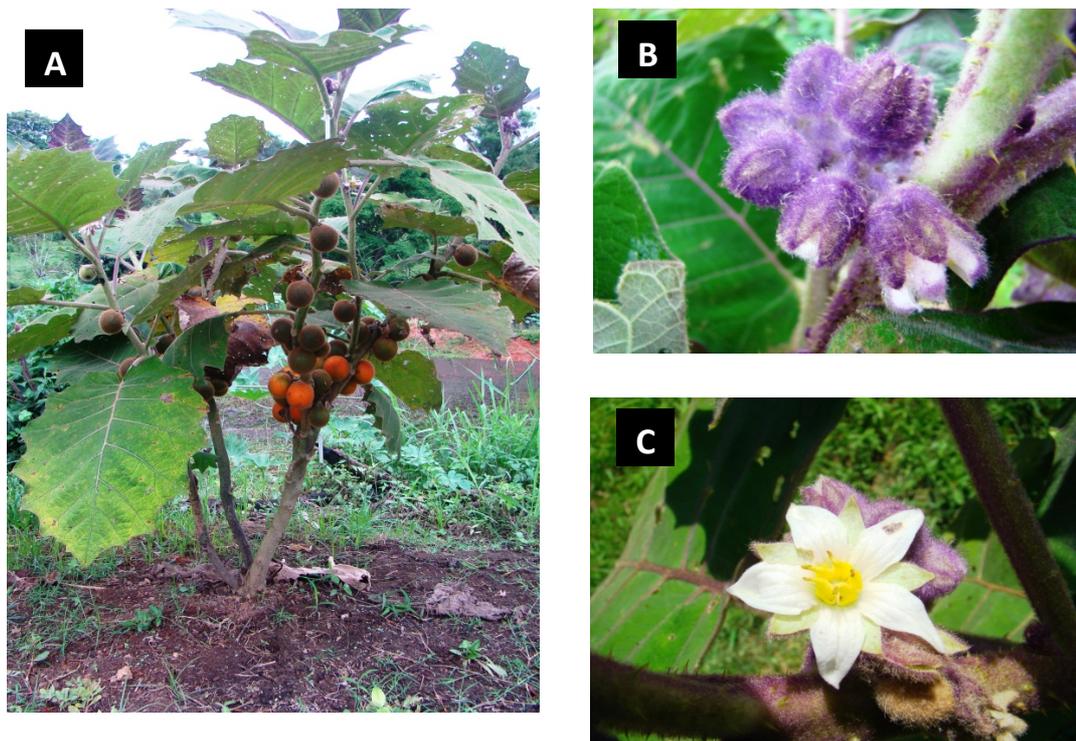
## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Origem, classificação botânica e características gerais

O lulo é uma espécie de fruta andina da família Solanaceae, cujo centro de diversidade está distribuído da região andina da Colômbia e do Equador até o Peru (HEISER, 1985). Também é conhecido como naranjilla, lulus, naranjilla de Quito, naranjilla de Castela, laranja de Quito (Inglaterra), Morelle de Quito (França), terong gele (Holanda) (SANTACRUZ, 2004). É pouco conhecido fora do Equador, Colômbia e alguns países adjacentes, onde tem sido cultivado por muitos anos. A partir do final da II Guerra Mundial esta planta foi introduzida em outras regiões tropicais e subtropicais do mundo (OCHSE et al., 1980). Os frutos são transformados em sucos, néctares, sorvetes, doces, compotas e geléias (GALVIS & HERRERA, 1999).

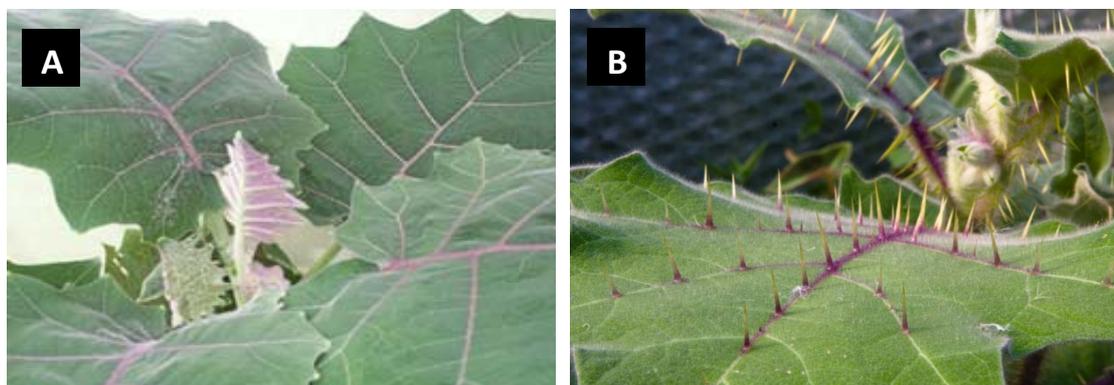
O lulo é uma frutífera robusta, herbácea, de 1,8 a 3 m de altura, com folhas grandes, espessas, suculentas, ovaladas e dentadas, medindo até 45 cm de comprimento. As folhas são de cor verde escuro, com nervuras roxas na epiderme superior e brancas ou roxas na epiderme inferior (Figura 1A). A planta inteira, exceto as nervuras das folhas, têm pubescência lanosa. Suas flores são brancas ou lilases, agrupadas em um pedúnculo curto (Figuras 1B e 1C), que suporta até dez flores (FRANCO et al., 2002).

Segundo Almanza et al. (2006) as flores de lulo são hermafroditas, auto compatíveis e as mamangavas (*Bombus* sp.) ajudam na sua polinização, aumentando a produção. Franco et al. (2002) afirmam que o lulo apresenta três tipos de flores, de pistilo longo, médio e curto, sendo unicamente férteis as flores com pistilo longo. A polinização de suas flores é cruzada, sendo o vento e os insetos os principais polinizadores.



**Figura 1:** Aspectos morfológicos do lulo (*Solanum quitoense* Lam. Var. *septentrionale*). A: Planta B: Cacho de botões florais C: Flor

Existem duas variedades botânicas de lulo: *septentrionale* e *quitoense*. A primeira é caracterizada pela presença de espinhos no caule e folhas, enquanto a segunda não tem espinhos (Figuras 2A e 2B). Além disso, a fruta da variedade *quitoense* possui menor acidez que a variedade *septentrionale* (ESTRADA, 1992). Estas duas variedades são separadas geograficamente, sendo a *quitoense* encontrada no sul da Colômbia e do Equador, e a *septentrionale*, na região central da Colômbia, Panamá e Costa Rica (HEISER, 1972). A produtividade média do lulo na Colômbia é sete t/ha e seu ciclo de produção não supera 12 meses (FRANCO et al., 2002).



**Figura 2:** Folhas do lulo (*Solanum quitoense* Lam.). A: Var. *quitoense* (DALEYS FRUIT, 2010). B: Var. *septentrionale* (TOM, 2010)

O fruto, de cor laranja quando maduro, é uma baga globosa, medindo entre 4,0 e 6,5 cm de diâmetro equatorial, coberto de pêlos curtos que caem facilmente quando friccionados. Internamente, possui epicarpo grosso e coriáceo, polpa verde claro, pegajosa, ácida e succulenta, contendo muitas sementes (Figuras 3 A e B) (OCHSE et al. 1980). A acidez dificulta o consumo *in natura*, entretanto é desejável no processamento de suco, pois permite diluições, obtendo-se maior rendimento. Segundo Arango et al. (2004) o fruto apresenta taxa de respiração baixa, mesmo durante o pico climatérico.



**Figura 3:** Frutos do lulo (*Solanum quitoense* Lam. Var. *septentrionale*) A: Frutos na própria planta. B: Frutos após a remoção dos pêlos (XOTIC FOODS, 2007).

Os frutos do lulo são ricos em ferro, cálcio e fósforo. O seu consumo regula a pressão sanguínea, melhora a digestão em pacientes com doenças hepáticas e de vesícula, auxilia na cura de doenças nervosas. Possui ainda propriedades diuréticas e tonificantes, atuando como solvente de toxinas presentes no organismo e na eliminação de ácido úrico (FRANCO et al., 2002).

O desenvolvimento das plantas é melhor em áreas com temperaturas moderadas, entre 14 e 22° C, com alta umidade, precipitação mínima de 1.800 mm/ano, e em solos férteis e bem drenados (SANTACRUZ, 2004). O lulo cresce espontaneamente em locais sombreados, e quando plantado a pleno sol, o período produtivo diminui (LOBO, 2000).

A propagação do lulo pode ser feita usando sementes, enxertia ou estaquia. As últimas duas técnicas não são muito utilizadas devido à baixa eficiência. Utilizando-se sementes as plantas estão prontas para serem transplantadas para o campo cerca de dois meses após a semeadura no viveiro (SANTACRUZ, 2004).

Normalmente, o transplante para o campo é realizado quando as mudas atingem de 10 a 15 cm, nas distâncias de 2,0 a 2,5 m entre plantas e 2,5 m entre linhas. A floração começa quatro a cinco meses após o transplante e a colheita pode começar seis a oito meses depois do transplante para o campo (SANTACRUZ, 2004).

## **1.2. Desenvolvimento e caracterização do fruto**

As mudanças físicas e físico-químicas que ocorrem durante o desenvolvimento e maturação dos frutos são usadas como critérios importantes para determinar padrões de maturidade, ponto de colheita e qualidade em vários frutos (QUEIROZ, 2009).

Durante o desenvolvimento, o fruto passa por diversas etapas ou estádios com características bem definidas, cuja avaliação tem fundamental importância para o entendimento das alterações que ocorrem durante o ciclo de desenvolvimento (QUEIROZ, 2009).

As diferentes fases do desenvolvimento dos frutos são caracterizadas por alterações na estrutura, fisiologia e bioquímica das células, que culminam com a maturação, senescência e finalmente morte dos tecidos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O período da antese à colheita dos frutos pode variar devido às diferentes condições climáticas entre locais de produção, como por exemplo, temperatura, precipitação e radiação solar, bem como as diferentes seleções e época do ano. Esses fatores interferem diretamente no desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, no desenvolvimento fisiológico do fruto (CAVICHOLI et al., 2006). O intervalo de tempo para o completo desenvolvimento de um fruto pode variar de cerca de três semanas, para frutos como o morango, até cerca de 60 semanas, como para a laranja ‘Valência’ (COOMBE, 1976).

O amadurecimento corresponde basicamente às mudanças nos fatores sensoriais: sabor, aroma, cor e textura, que tornam o fruto aceitável para o consumo. Algumas dessas mudanças podem ser detectadas por análise ou observação visual das transformações físicas, ou pela análise das transformações endógenas, como mudanças nos teores de pigmentos, ácidos, taninos, carboidratos, pectinas, etc. Essas transformações parecem estar sincronizadas e encontram-se, provavelmente, sob

controle genético. Essa afirmativa tem suporte no fato de que o intervalo entre a antese e o amadurecimento, em condições climáticas similares, é relativamente constante, para um determinado fruto (SALUNKHE & DESAI, 1984).

A avaliação do desenvolvimento de frutos é baseada na evolução dos atributos físicos tais como, comprimento, diâmetro, volume, massas frescas e secas, associados à avaliação de alterações nas características físico-químicas medidas a intervalos regulares durante o ciclo (HULME, 1970).

Desse modo, o estudo da curva de crescimento dos frutos é importante para se conhecer as diferentes fases fenológicas envolvidas no seu desenvolvimento, como a época de maior ganho de massa ou de início da maturação, para definir os períodos de colheitas do fruto. A partir de estudos dessa natureza, podem se revelar períodos críticos no desenvolvimento dos frutos que possibilitem sua produção com qualidade, como também a colheita na época correta, satisfazendo, assim, a necessidade dos consumidores (QUEIROZ, 2009). Apesar da importância, não foram encontradas, na literatura, informações disponíveis sobre a curva de crescimento de frutos de lulo. Porém, existem estudos sobre as características físico-químicas dos frutos totalmente maduros, realizados principalmente nos países onde o fruto tem importância econômica, como por exemplo, Colômbia, Equador, Costa Rica e Honduras.

Santacruz (2004), em Honduras, relatou ter encontrado teor de sólidos solúveis totais (SST) em frutos de lulo totalmente maduros de 13,6° Brix no suco de lulo, enquanto Gancel et al. (2008), no Equador, Óscar Acosta et al. (2009), na Costa Rica e Arango et al. (1999), na Colômbia, encontraram 7,3, 9,1 e 9,5 °Brix, respectivamente. Os SST são constituídos principalmente por açúcares, sendo seu teor variável com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O teor de vitamina C na polpa dos frutos de lulo, encontrado por Guzman (1977), na Colômbia, foi de 37,5 mg de ácido ascórbico/100 g de polpa do fruto. Óscar Acosta et al. (2009), na Costa Rica, encontrou 12,5 mg de ácido ascórbico/100g de polpa do fruto. O teor de vitamina C nos frutos pode variar devido a diversos fatores. Silva (1994) relatou que o sombreamento reduziu significativamente a produção de vitamina C, e que a exposição direta dos frutos de acerola aos raios solares por mais de quatro horas após a colheita causou perdas significativas. Aróstegui & Pennock (1955) destacaram que o teor de vitamina C do

fruto pode ainda variar em função da época da colheita. Portanto, essa discrepância dos valores encontrados nos frutos do lulo ocorreu em função do material genético, métodos culturais e manejo da colheita.

O estudo sobre o desenvolvimento dos frutos de lulo cultivados em Viçosa, Zona da Mata Mineira, será fundamental para divulgar esta fruta exótica de grande potencial, servindo também de subsídio para novos trabalhos científicos.

## **2. OBJETIVOS**

Determinar a curva de desenvolvimento do fruto de lulo, em Viçosa, MG, Brasil, por meio da avaliação das mudanças físicas, químicas e fisiológicas, e verificar as relações entre as características químicas e físicas dos frutos.

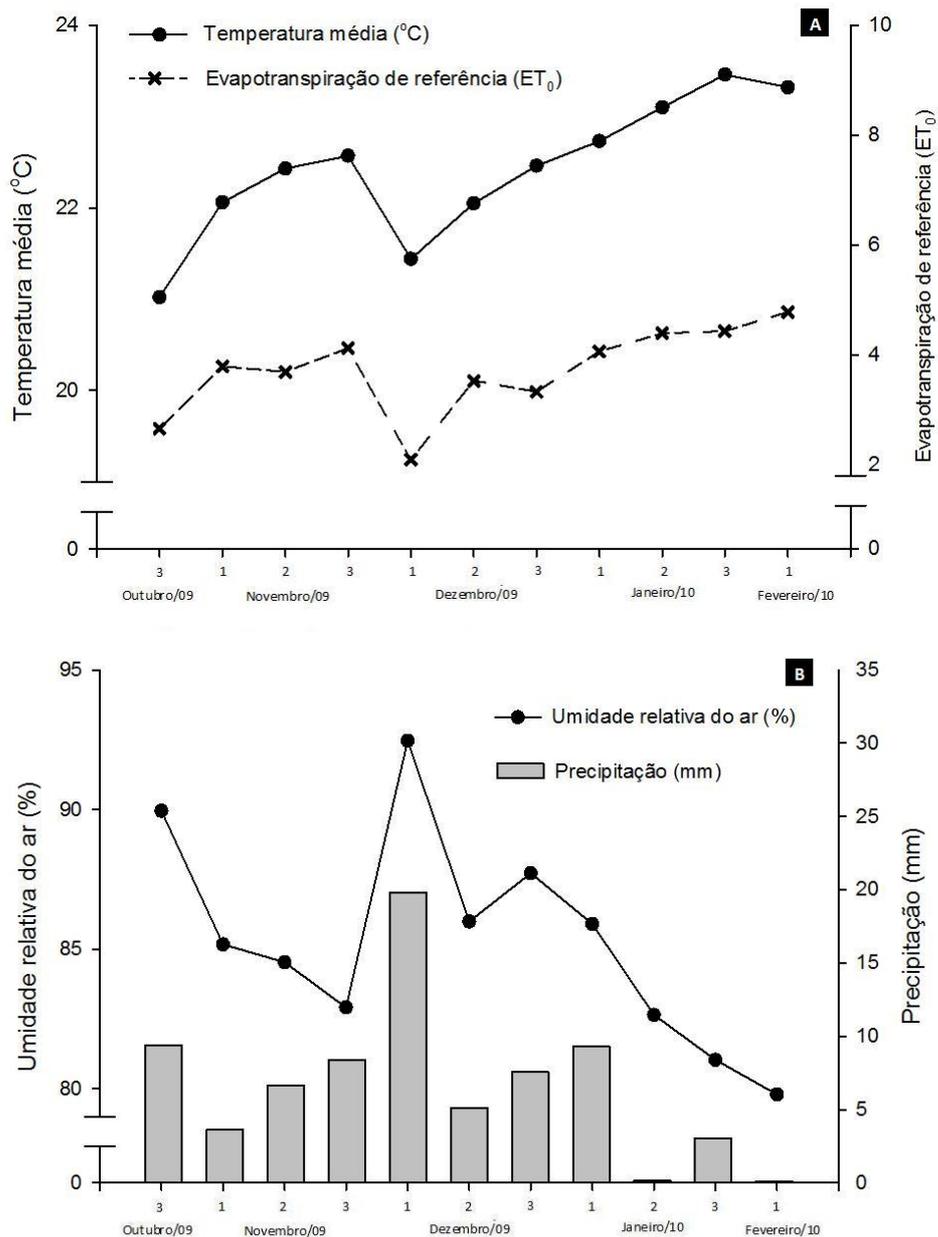
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Aspectos gerais do trabalho

Os frutos foram coletados no Pomar Experimental da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Viçosa, Minas Gerais, que se encontra a 651 metros de altitude, na latitude Sul 20°45'20'' e longitude Oeste 42°52'40'', sendo o clima tipo Cwa, mesotérmico úmido com verões chuvosos e invernos secos (VIANELLO & ALVES, 2006).

O experimento foi realizado no período de 27 de outubro de 2009 a 02 de fevereiro de 2010. Durante o período experimental a temperatura média do ar variou de 21 a 23,5 °C. A umidade relativa média foi de 85,2% e a precipitação pluvial total foi de 702,4 mm de chuva. As médias decendiais de temperatura, precipitação pluvial, umidade relativa do ar e a evapotranspiração de referência do local durante a fase de condução do experimento estão apresentadas na Figura 4. Os dados meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica Vantage Pro2, da Davis®, instalada a menos de 100 m do local das plantas utilizadas.

Os frutos utilizados foram colhidos de 18 arbustos de lulo (*Solanum quiotense* Lam. Var. *septentrionale*), com cerca de doze meses de idade, em plena produção.



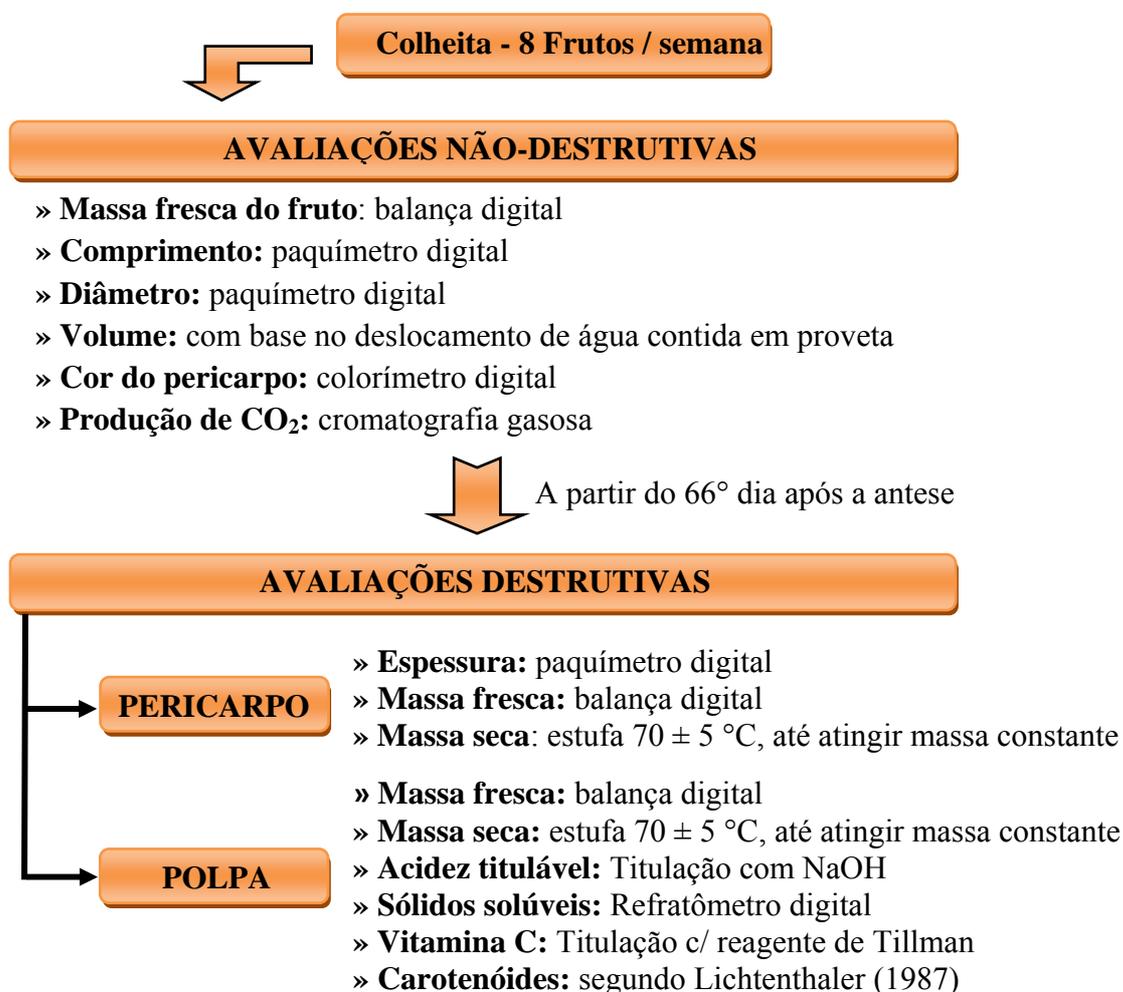
**Figura 4:** A) Médias decendiais de temperatura e evapotranspiração de referência. B) Precipitação pluvial e umidade relativa do ar no período de outubro de 2009 a fevereiro de 2010, em Viçosa, Minas Gerais.

### 3.2. Etapas do trabalho

No dia 27 de Outubro de 2009 foram marcados cachos com todos os botões florais fechados, utilizando-se etiquetas plásticas amarradas próximas ao cacho. Decorridos três dias das marcações (30/10/09), foi feito repasse na área, deixando marcados apenas os cachos com flores abertas, com o objetivo utilizar frutos com aproximadamente a mesma idade cronológica e fisiológica. A polinização foi natural.

A primeira coleta dos frutos ocorreu no dia 09/11/09 (10 dias após a antese), e a última quando os frutos apresentavam completo amadurecimento na planta (02/02/2010) aos 95 dias após a antese.

Os frutos coletados, num total de oito por período de amostragem (semanal), foram colhidos ao acaso, no período da manhã e transportados para o Laboratório de Análise de Frutas do Setor de Fruticultura da UFV, onde procederam-se análises de suas características físicas, químicas e fisiológicas. Os frutos foram organizados em quatro repetições de dois frutos cada, sendo analisados quanto ao comprimento, diâmetro equatorial e volume do fruto, espessura e ângulo hue do pericarpo, massas frescas do fruto, polpa e pericarpo, massas secas do pericarpo e da polpa, teor de sólidos solúveis, teor de vitamina C, acidez total titulável, carotenóides da polpa e produção de CO<sub>2</sub>. O processo todo está representado no fluxograma da Figura 5.

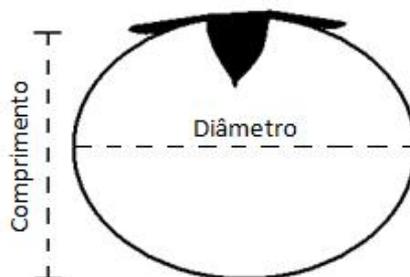


**Figura 5:** Sequência do processo da coleta dos frutos às análises não-destrutivas e destrutivas.

### 3.3. Características físicas

#### 3.3.1. Diâmetro e comprimento

O diâmetro e o comprimento dos frutos foram determinados individualmente (Figura 6), com o auxílio de paquímetro digital Mitutoyo modelo CD-8"CX-B, sendo os resultados expressos em mm.



**Figura 6:** Ilustração dos pontos de medição do comprimento e diâmetro do fruto de lulo.

#### 3.3.2. Volume

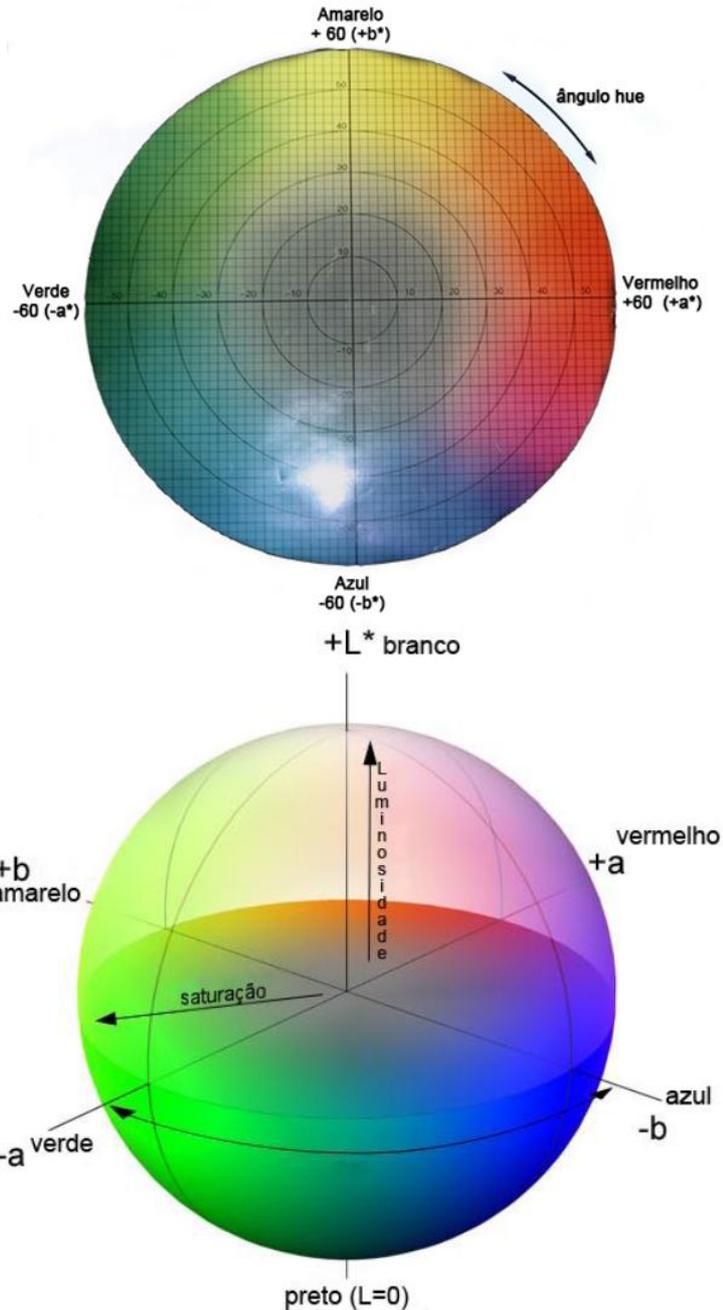
O volume dos frutos foi determinado individualmente, sendo registrado com base no deslocamento de água provocado pela inserção do fruto numa proveta. Os dados obtidos foram expressos em  $\text{cm}^3$ .

#### 3.3.3. Cor do pericarpo

A determinação da cor do fruto foi realizada por reflectometria, mediante a utilização de um colorímetro Konica Minolta modelo CR-10. As leituras foram expressas conforme o Sistema de Cores CIE, 1976, para medida, designação e acerto de cores, em que um sólido de cores é definido por três coordenadas retangulares ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), das quais se obtêm unidades ou pontos de uniformidade visual aproximada (MCGUIRE, 1992).

De acordo com a proposta do sistema de cores, há um eixo principal  $L^*$  que indica o nível de luminosidade da cor, variando de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco); os valores intermediários definem uma escala de cinza. O matiz, que expressa a tonalidade da cor, é especificado por outros dois caracteres. O  $a^*$  descreve o eixo que vai do vermelho (+60) ao verde (-60), em que valores negativos

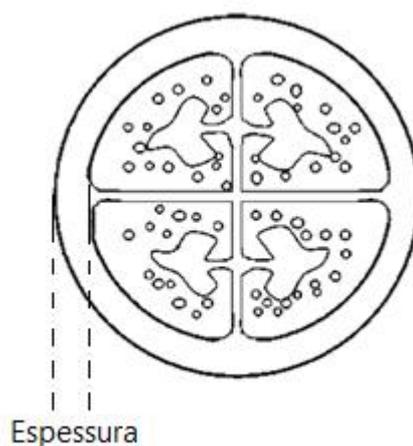
refletem a predominância do verde e os positivos, do vermelho. O segundo caractere, identificado por  $b^*$ , define o eixo que vai do amarelo ao azul, variando igualmente de +60 a -60, em que valores negativos refletem a predominância do azul, e positivos, a do amarelo (Figura 7). O ângulo de cor hue,  $^{\circ}h = \text{actg} (*b/*a)$ , é derivado dos caracteres  $a^*$  e  $b^*$  e assume valor  $0^{\circ}$  para vermelho,  $90^{\circ}$  para amarelo,  $180^{\circ}$  para verde e  $270^{\circ}$  para azul (MCGUIRE,1992). Para o presente estudo, foram utilizados apenas o parâmetro ângulo hue ( $^{\circ}h$ ). As medidas foram obtidas em dois pontos diametralmente opostos na zona equatorial de cada fruto analisado.



**Figura 7:** Sistema de Cores CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  para medida, designação e acerto de cores, em um sólido de cores.

### 3.3.4. Espessura do pericarpo

A espessura do pericarpo dos frutos cortados foi determinada individualmente, a partir do 66º dia após a antese, quando foi possível a separação da polpa e do pericarpo, utilizando-se paquímetro digital Mitutoyo modelo CD-8”CX-B. Os dados obtidos foram expressos em mm (Figura 8).



**Figura 8:** Ilustração do ponto de medição da espessura do pericarpo do fruto de lulo.

### 3.3.5. Massas frescas do fruto, polpa e pericarpo

A massa total do fruto (g) foi determinada a partir da pesagem em balança digital de precisão de 0,1 g. Os dados foram obtidos em gramas (g). A partir do 66º dia após a antese foram determinadas as massas do pericarpo e da polpa, separadamente. A polpa foi avaliada em conjunto com as sementes, devido à dificuldade de separação, uma vez que cada fruto apresenta em média 1847 sementes (SANTACRUZ, 2004).

### 3.3.6. Massas secas do fruto, polpa e pericarpo

Para a determinação da massa seca, o pericarpo e a polpa dos frutos foram seccionados em pequenos pedaços, dispostos em placas de petri e mantidos em estufa com temperatura de  $70 \pm 5$  °C, até atingirem massa constante. Após esse tempo, o material foi pesado em balança digital e a sua massa expressa em gramas.

### **3.4. Característica físico-química**

#### **3.4.1. Sólidos solúveis**

A partir do 66° dia após a antese, quando foi possível a separação da polpa e do pericarpo, foi determinado o teor de sólidos solúveis totais utilizando-se refratômetro digital portátil Atago modelo PAL-1, com leitura na faixa de 0 a 53 °Brix, a partir de uma alíquota do suco da polpa de cada fruto após extração por prensagem manual e filtração em peneira. Foram feitas duas leituras de cada amostra, sendo utilizada sua média para a análise dos dados.

### **3.5. Características químicas**

#### **3.5.1. Vitamina C**

O teor de vitamina C foi determinado a partir do 66° dia após a antese, quando foi possível a separação da polpa e do pericarpo. Para esta análise, utilizou-se 3 mL da amostra do suco da polpa dos frutos, obtido conforme item 4.4.1. A vitamina C foi determinada por titulação com reagente de Tillmans [2,6 diclorofenolindofenol (sal sódico) a 0,1%] (AOAC, 1997). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de suco.

#### **3.5.2. Acidez titulável**

A acidez titulável foi determinada a partir do 66° dia após a antese, quando foi possível a separação da polpa e do pericarpo. Para esta análise, utilizou-se 5 mL da amostra do suco da polpa dos frutos, obtido conforme item 4.4.1. As amostras foram transferidas para erlenmeyers, completando-se o volume para 100 mL, com água destilada. Foram adicionadas a este extrato, três gotas de indicador fenolftaleína 1%, procedendo-se as titulações, sob agitação, com solução de NaOH 0,1 N, previamente padronizada com biftalato de potássio. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100 g de polpa.

### 3.5.3. Carotenóides da polpa

Amostras da polpa dos frutos foram retiradas a partir do 66º dia após a antese, quando foi possível a separação da polpa e do pericarpo, e armazenadas em congelador a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  até o momento da determinação. O teor de carotenóides totais da polpa foi determinado utilizando-se as equações propostas por Lichtenthaler, 1987. Amostras com massa de 2,0 g foram trituradas em cadinhos de porcelana, juntamente com 10 mg de  $\text{CaCO}_3$  (para manutenção do pH) e acetona 80% gelada, sendo o extrato cetônico filtrado em papel filtro até a completa extração dos pigmentos e o volume completado para 25 mL em balão volumétrico. As absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646,8 e 663,2 nm e os níveis de carotenóides determinados segundo as equações que seguem abaixo, em  $\mu\text{g mL}^{-1}$  de extrato.

$$\text{Clorofila a (Ca)} = 12,25A_{663,2} - 2,79A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila b (Cb)} = 21,50A_{646,8} - 5,10A_{663,2}$$

$$\text{Carotenóides (Cc)} = \frac{1000A_{470} - 1,82Ca + 85,02Cb}{198}$$

Os resultados foram multiplicados por 25 (volume do balão volumétrico) e divididos pela massa da amostra, sendo expressos em mg/100g de polpa.

## 3.6. Característica fisiológica

### 3.6.1. Produção de $\text{CO}_2$

A produção de  $\text{CO}_2$  pelos frutos foi determinada por cromatografia gasosa desde o 10º dia após a antese. Os oito frutos coletados em cada período de amostragem foram acondicionados em frascos de vidro e fechados hermeticamente, dois a dois, totalizando quatro repetições (Figura 9). Sessenta minutos após o fechamento dos frascos, alíquotas de 1,0 mL de sua atmosfera foram retiradas com seringa hipodérmica e injetadas em cromatógrafo a gás GOW MAC, Série 550, com detector de condutividade térmica, equipado com coluna de alumínio preenchida com Porapak Q. As condições de trabalho foram: fluxo de 40 mL por minuto de gás hélio,

que foi o gás de arraste; corrente elétrica de 150 mA; temperaturas da coluna, do detector e do injetor de 50, 70 e 80 °C, respectivamente; e temperatura ambiente em torno de 20 a 25 °C. A quantificação de CO<sub>2</sub> foi feita por meio de comparação dos picos produzidos pela amostra, no cromatograma, e os produzidos pela injeção de uma alíquota-padrão composta de 4.990% mol de CO<sub>2</sub> por mol de mistura CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>. Os resultados foram expressos em mg de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.



**Figura 9:** Frutos acondicionados em frasco de vidro e fechados hermeticamente (Produção de CO<sub>2</sub>).

### **3.7. Relações entre características físicas e químicas dos frutos**

Para esse estudo foram utilizados trinta e cinco frutos provenientes de polinização natural, colhidos no Pomar Experimental da Universidade Federal de Viçosa, no estágio final do amadurecimento, quando o pericarpo apresentava coloração alaranjada. Após a colheita, os frutos foram levados ao Laboratório de Análise de Frutas do Setor de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia, onde foram avaliadas as seguintes características físicas e químicas, descritas nos itens anteriores: massas frescas e massas secas do fruto, pericarpo e polpa (método gravimétrico), volume (deslocamento de água), comprimento e diâmetro equatorial do fruto, espessura do pericarpo (medição com paquímetro), cor do pericarpo (calorímetro digital), teor de sólidos solúveis (refratometria), acidez titulável (titulação com NaOH), carotenóides (segundo Lichtenthaler, 1987) e teor de vitamina C da polpa (titulação com reagente de Tillman). Os dados foram submetidos à análise de correlação de Pearson.

### 3.8. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado nas análises estatísticas foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos correspondendo aos dias de amostragem e quatro repetições, sendo dois frutos por unidade experimental. Os dados obtidos em função do tempo foram submetidos à análise de variância e de regressão. Para explicar fisiologicamente o desenvolvimento dos frutos, para algumas características utilizaram-se modelos de regressões não-lineares sigmoidais, com três e quatro parâmetros, conforme descrito a seguir. A escolha dos modelos não-lineares foi baseada no coeficiente de determinação e no potencial para explicar o fenômeno biológico.

$$\hat{y} = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}$$

$$\hat{y} = y_0 + \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}$$

a = assintota de máximo da curva

b = parâmetro de ajuste

$x_0$  = ponto de inflexão

a =  $y_{\text{máx}} - y_{\text{mín}}$

b = parâmetro de ajuste

$x_0$  = ponto de inflexão

$y_0$  = assintota de mínimo da curva

Os pontos de inflexão das curvas ajustadas corresponderam aos momentos em que ocorreram as taxas máximas de acúmulo da característica em análise. Os pontos de curvatura mínima ( $PC_{\text{mín}}$ ) e máxima ( $PC_{\text{máx}}$ ) nos modelos sigmoidais com três parâmetros foram calculados conforme método citado por Venegas et al. (1998), utilizando os parâmetros das equações não-lineares:

$$PC_{\text{mín}} = x_0 - 2b \quad PC_{\text{máx}} = x_0 + 2b$$

O  $PC_{\text{mín}}$  indica o momento na curva de acúmulo em que se iniciam ganhos significativos no acúmulo da característica em análise. Já o  $PC_{\text{máx}}$  indica o momento em que o acúmulo da característica em análise começa a se estabilizar.

O programa estatístico utilizado foi o SIGMAPLOT, versão 11.0 (SIGMAPLOT, 2008).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Duração do ciclo reprodutivo**

O ciclo reprodutivo do lulo, nas condições de Viçosa, teve duração de 95 dias, muito curto quando comparado ao período de 156 a 164 dias observado por Santacruz (2004) em Honduras e ao período de 127 dias observado por Galo (2008) no Equador. É provável que as condições climáticas de Viçosa, principalmente por haver apresentado temperatura média do ar (22,2° C) durante o período experimental, superior às que ocorreram durante o trabalho de Galo (17,2° C), tenha reduzido o ciclo reprodutivo. Já o maior ciclo reprodutivo no trabalho de Santacruz (2004) provavelmente deve-se ao fato de que as plantas foram conduzidas em vasos de 19 litros preenchidos com substrato, espaçados a 35 cm um dos outros, alterando assim o ciclo de crescimento da planta.

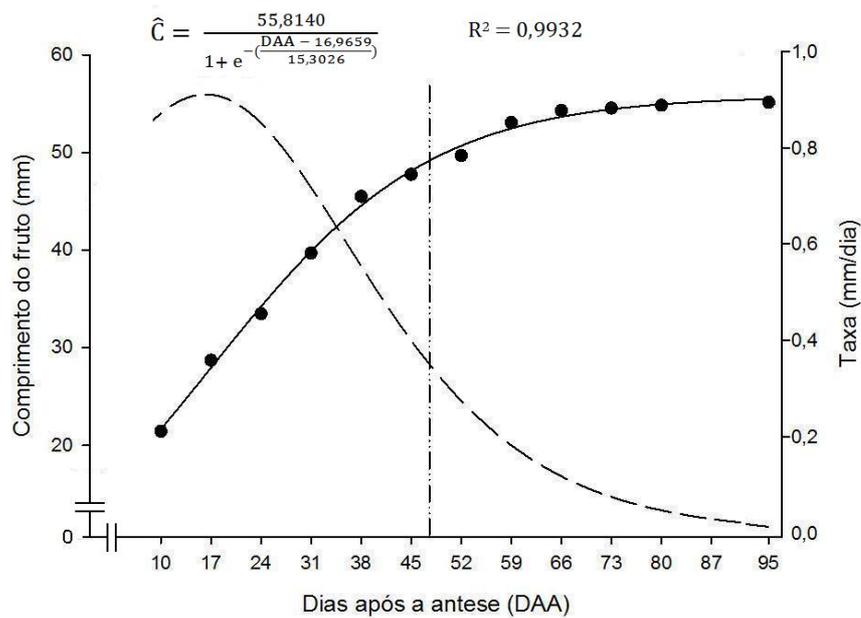
### **4.2. Comprimento, diâmetro e volume do fruto**

As medidas do comprimento (Figura 10), diâmetro equatorial (Figura 11) e volume (Figura 11) do fruto ajustaram-se ao modelo sigmoidal simples, em resposta à variação do tempo.

O ponto de curvatura mínima para o comprimento ocorreu aos -13,64 dias após a antese (DAA), indicando que o início dos ganhos expressivos no comprimento do fruto ocorreu 13,64 dias antes da abertura floral ocorrer (Figura 10). Em trabalho realizado paralelamente ao do desenvolvimento do fruto, foi observado o desenvolvimento do botão floral, nas mesmas plantas e época estudadas, o qual variou de 22 a 25 dias. Esses dados mostram, portanto, que mesmo antes da antese, o

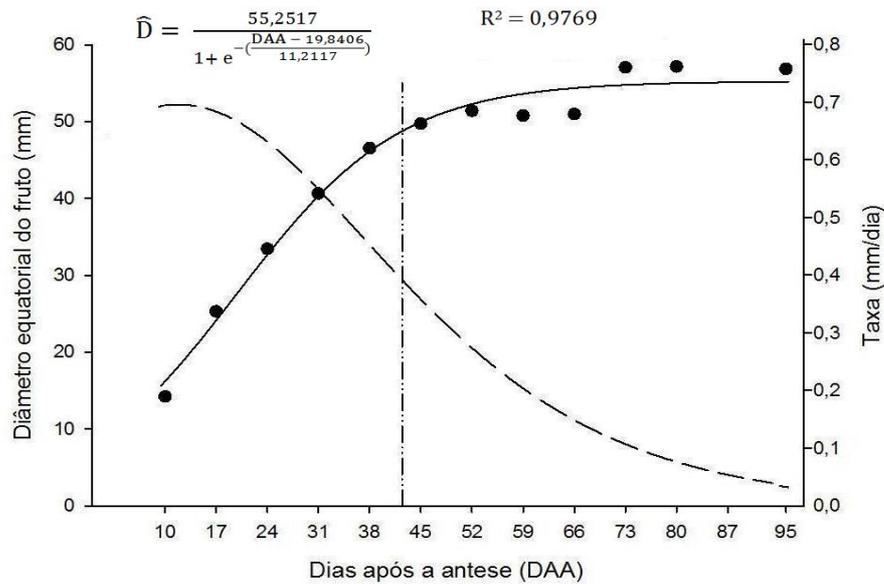
ovário já estava presente, sendo que os ganhos expressivos no comprimento ocorreram durante esse período (13,64 dias antes da abertura floral).

A taxa de crescimento máxima do comprimento ocorreu aos 16,96 DAA, com ganho diário de 0,91 mm. O ponto de curvatura máxima ocorreu aos 47,57 DAA, indicando que a partir desse dia o comprimento começou a estabilizar, correspondendo a 88,09% do acúmulo máximo. O comprimento máximo atingido pelo fruto foi de 55,81 mm.



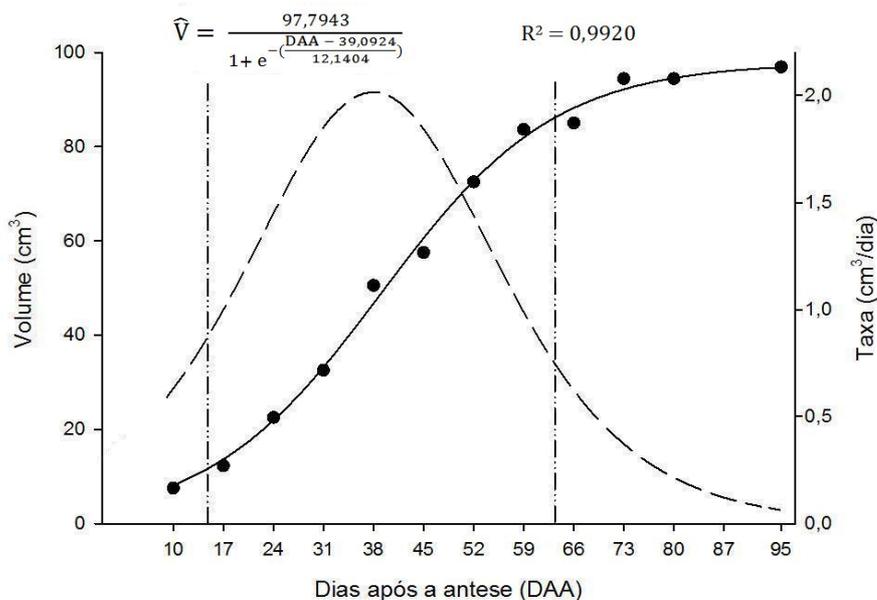
**Figura 10:** Valores observados e estimados do comprimento de frutos de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). A linha com traços e pontos (— · —) indica o ponto de curvatura máxima e a tracejada (— —), a derivada primeira da curva de crescimento. Viçosa, MG, 2010.

O ponto de curvatura mínima para o diâmetro equatorial ocorreu aos - 2,58 DAA, indicando que, semelhante ao comprimento, o início de ganhos expressivos no diâmetro iniciou-se antes da abertura floral (Figura 11). A taxa de crescimento máxima do diâmetro ocorreu aos 19,84 DAA, com ganho diário de 0,69 mm. O ponto de curvatura máxima ocorreu aos 42,26 DAA, indicando que a partir desse dia o diâmetro começou a se estabilizar, correspondendo a 88,08% do acúmulo máximo. O diâmetro equatorial máximo atingido pelo fruto foi de 55,25 mm.



**Figura 11:** Valores observados e estimados do diâmetro equatorial do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). A linha com traços e pontos (— · —) indica o ponto de curvatura máxima e a tracejada (— —), a derivada primeira da curva de crescimento. Viçosa, MG, 2010.

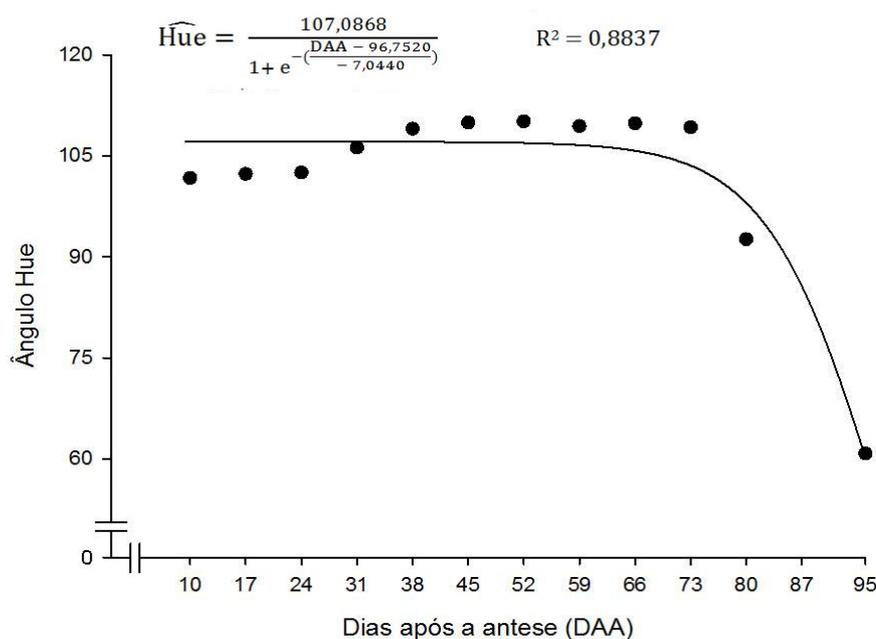
O ponto de curvatura mínima para o volume ocorreu aos 14,81 DAA, indicando início dos ganhos expressivos no volume do fruto (Figura 12). A taxa de crescimento máxima do volume ocorreu aos 39,09 DAA, com ganho diário de 2,02 cm<sup>3</sup>/dia. O ponto de curvatura máxima ocorreu aos 63,37 DAA, indicando que, a partir desse dia o volume começou a se estabilizar, correspondendo a 88,08% do acúmulo máximo. O volume máximo atingido pelo fruto foi de 97,79 cm<sup>3</sup>.



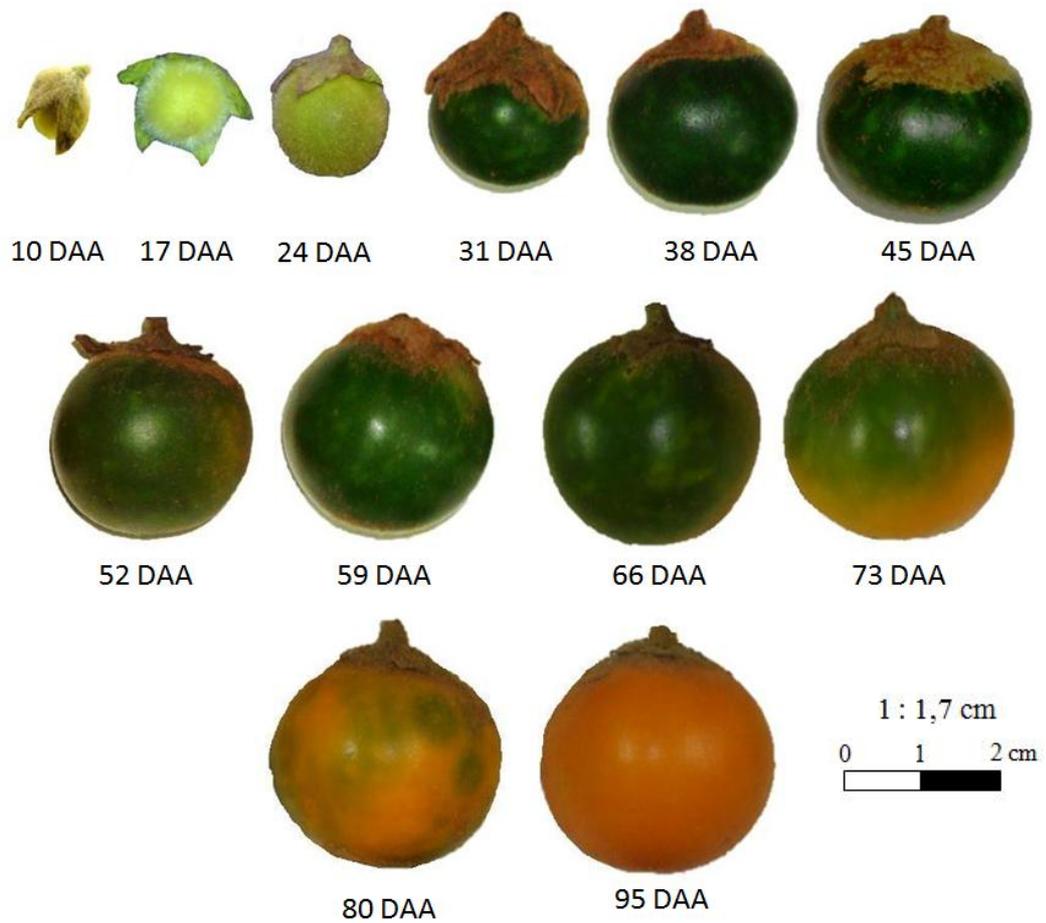
**Figura 12:** Valores observados e estimados do volume do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). As linhas com traços e pontos (— · —) indicam os ponto de curvatura mínima e máxima e a tracejada (— —), a derivada primeira da curva de crescimento. Viçosa, MG, 2010.

### 4.3. Parâmetros de cor do pericarpo

A intensificação da cor verde do pericarpo do fruto, medida pelo ângulo hue ( $^{\circ}$ h), ocorreu até os 31 DAA (Figuras 13 e 14). Segundo Galvis & Herrera (1993) a variação da cor verde clara brilhante para o verde escuro opaco ocorre devido a degradação da clorofila. A coloração dos frutos, a partir dos 31 DAA até os 66 DAA, correspondeu a um valor médio de ângulo hue de  $109,6^{\circ}$ , equivalendo à cor verde escura do pericarpo. A coloração do pericarpo é, provavelmente, fator determinante na compra da fruta pelo consumidor, que associa a cor do pericarpo ao paladar (Brown, 1980). Porém, essa associação nem sempre pode ser considerada, pois segundo Chitarra & Chitarra (2005), a coloração é apenas um indicativo que pode mostrar falhas, como, por exemplo, nas tangerinas 'Satsuma', em que, mesmo com boas características de maturação interna dos frutos, o pericarpo não se mostra ainda alaranjado. Picadas de insetos também podem causar mudança de coloração em frutos ainda verdes, comprometendo a colheita do fruto no ponto ideal de maturação Galvis & Herrera (1993) afirmam que a coloração verde do pericarpo que gradualmente se extingue com o desenvolvimento do fruto é resultado da degradação da clorofila presente no pericarpo e à síntese e, ou, manifestação dos pigmentos carotenóides, e essa mudança começou a ocorrer a partir dos 66 DAA, até o ângulo hue atingir  $60,8^{\circ}$ , aos 95 dias após a antese, como pode ser visto na figura 13.



**Figura 13:** Estimativa da evolução do ângulo hue ( $^{\circ}$ h) do pericarpo ao longo do desenvolvimento do fruto de lulo, em função do tempo (DAA). Viçosa, MG, 2010.



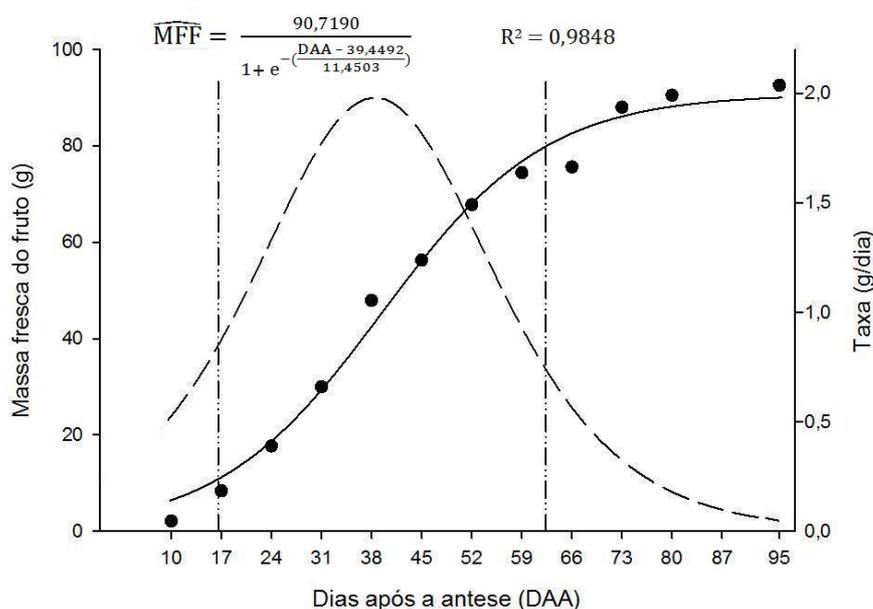
**Figura 14:** Frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam. Var. *septentrionale*) dos 10 aos 95 dias após a antese (DAA), representando a evolução da coloração do pericarpo do fruto durante o desenvolvimento. Viçosa, MG, 2010.

#### 4.4. Massas frescas do fruto, polpa e pericarpo

Semelhante às dimensões, o acúmulo das massas frescas do fruto (Figura 15), polpa e pericarpo (Figura 16) ajustaram-se a um padrão de desenvolvimento sigmoidal simples, em resposta à variação do tempo.

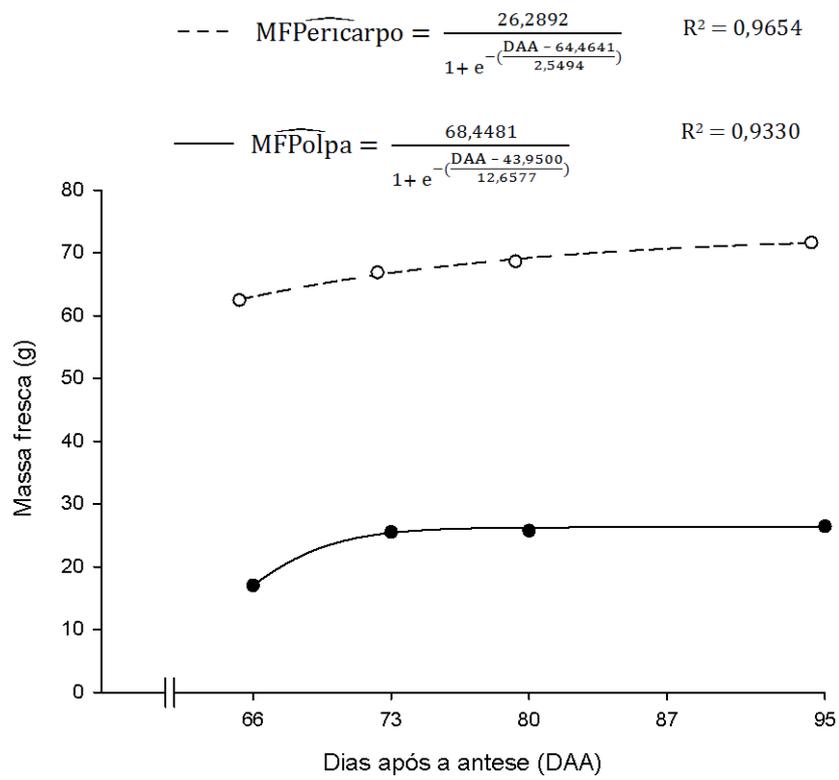
Para a massa fresca total do fruto, o ponto de curvatura mínima ocorreu aos 16,53 DAA, indicando início dos ganhos expressivos na massa do fruto (Figura 14). A taxa de crescimento máxima ocorreu aos 39,45 DAA, com ganho diário de 1,96 g/dia. O ponto de curvatura máxima ocorreu aos 62,35 DAA, indicando que a partir desse dia a massa do fruto começou a se estabilizar, correspondendo a 88,08% da massa fresca máxima atingida (90,72 g aos 95 DAA).

Não é recomendado colher os frutos logo após o começo da estabilização da massa fresca total, que ocorreu aos 62,35 DAA, pois o fruto não apresenta teor de sólidos solúveis totais (Figura 20) e acidez titulável (Figura 21) adequados para o consumo.



**Figura 15:** Valores observados e estimados da massa fresca do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). As linhas com traços e pontos (— · —) indicam os ponto de curvatura mínima e máxima e a tracejada (— —), a derivada primeira da curva de crescimento. Viçosa, MG, 2010.

Do 66° DAA em diante, foi possível separar a polpa do pericarpo. A massa do pericarpo representava 77,41% da massa total do fruto aos 66 DAA, e foi decrescendo até atingir 72,30% na última análise, aos 95 DAA.

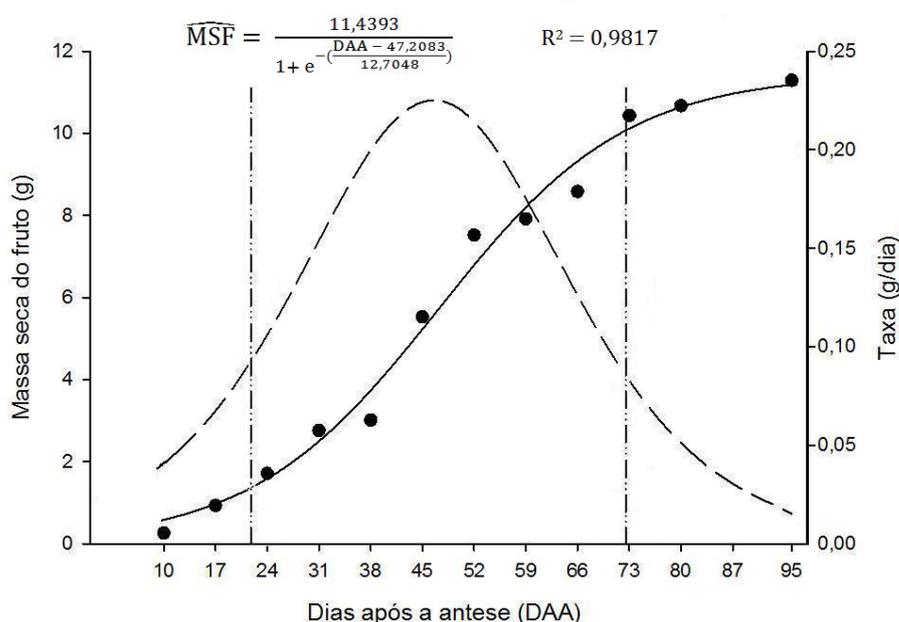


**Figura 16:** Valores observados e estimados da massa fresca do pericarpo (---) e da polpa (—) do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). Viçosa, MG, 2010.

#### 4.5. Massas secas do fruto, polpa e pericarpo

O acúmulo de massa seca do fruto (Figura 17) ajustou-se ao padrão de desenvolvimento sigmoidal simples em resposta à variação do tempo, semelhante ao que ocorreu com as dimensões e com o acúmulo de massa fresca do fruto.

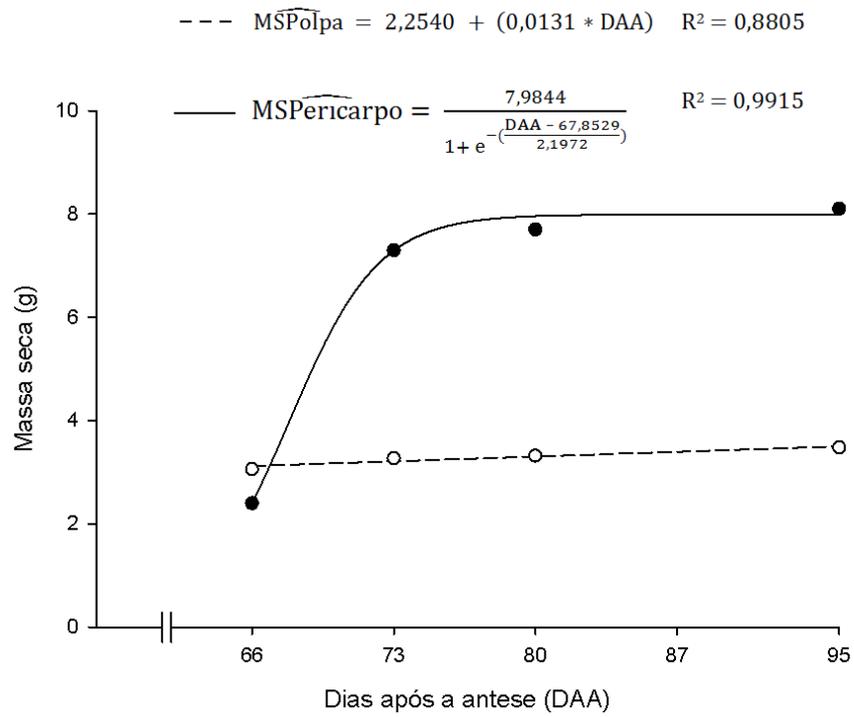
Para a massa seca total do fruto, o ponto de curvatura mínima ocorreu aos 21,80 DAA, indicando início de ganhos expressivos no acúmulo de massa seca. A taxa de crescimento máxima ocorreu aos 47,21 DAA, com ganho diário de 0,223 g/dia. O ponto de curvatura máxima ocorreu aos 72,62 DAA, indicando que a partir desse dia a massa do fruto começou a se estabilizar, o que correspondeu a 88,08% da massa seca máxima atingida (11,44 g aos 95 DAA).



**Figura 17:** Valores observados e estimados da massa seca do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). As linhas com traços e pontos (— · —) indicam os ponto de curvatura mínima e máxima e a tracejada (— —), a derivada primeira da curva de crescimento. Viçosa, MG, 2010.

Aos 66 DAA a polpa era o componente responsável pela maior quantidade de massa seca no fruto (Figura 18), representando 56,50%. Mas esse padrão logo se

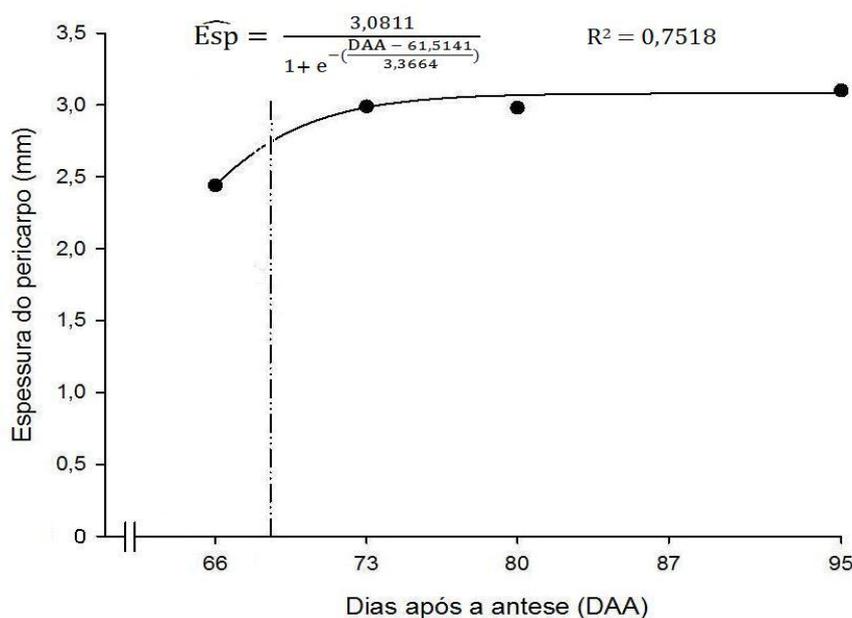
inverteu, e aos 95 DAA o pericarpo representava 69,52% da massa seca total do fruto.



**Figura 18:** Valores observados e estimados da massa seca do pericarpo (---) e da polpa (—) do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). Viçosa, MG, 2010.

#### 4.6. Espessura do pericarpo

A espessura do pericarpo ajustou-se ao padrão de desenvolvimento sigmoidal simples em resposta a variação do tempo, havendo acréscimo da espessura durante o desenvolvimento do fruto (Figura 19). O ponto de curvatura máxima ocorreu aos 68,25 DAA, indicando que a partir desse dia a espessura do fruto começou a se estabilizar, correspondendo a 88,09% da espessura máxima atingida pelo pericarpo (3,08 mm aos 95 DAA).



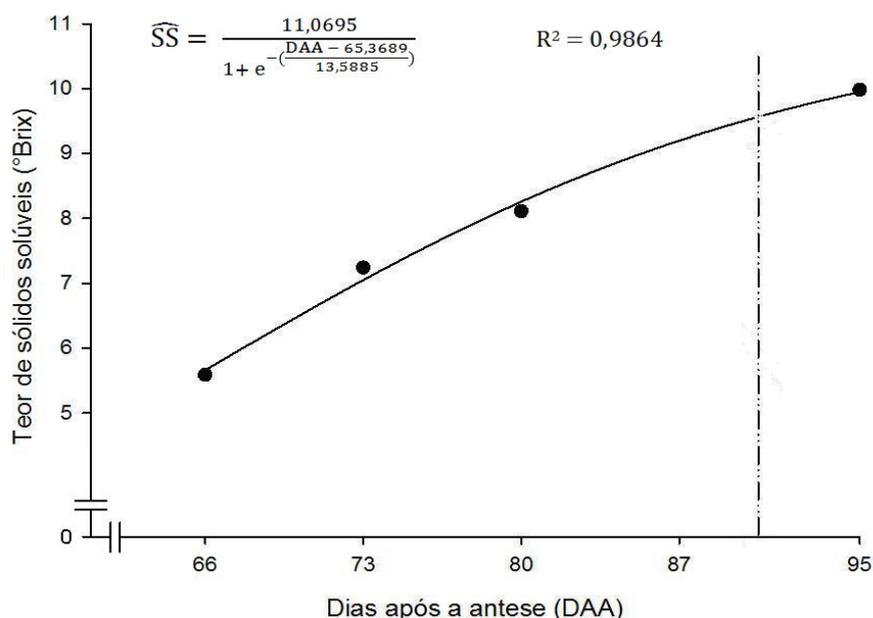
**Figura 19:** Valores observados e estimados da espessura do pericarpo (mm) do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). Viçosa, MG, 2010.

#### 4.7. Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis da polpa ajustou-se ao modelo sigmoidal simples, havendo acréscimo durante o desenvolvimento do fruto (Figura 20). A evolução do conteúdo de açúcares nos frutos durante o desenvolvimento é resultado da translocação de assimilados resultantes da fixação fotossintética de carbono, reduzindo o ácido 3-fosfoglicérico em gliceraldeído 3-fosfato, seguido da sua redução a glicose nos drenos da planta (TAIZ & ZAIGER, 2008).

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), durante o amadurecimento há um aprimoramento das características sensoriais, ou seja, sabores e aromas específicos desenvolvem-se em conjunto com o aumento da doçura, devido à hidrólise de polissacarídeos de reserva.

Aos 95 DAA o teor de sólidos solúveis era 9,98 °Brix, quase 80% superior do que estava quatro semanas antes, aos 66 DAA (5,59 °Brix). O ponto de curvatura máxima ocorreu aos 92,54 DAA, indicando que a partir desse dia o teor de sólidos solúveis começou a se estabilizar.



**Figura 20:** Valores observados e estimados do teor de sólidos solúveis da polpa (°Brix) do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). Viçosa, MG, 2010.

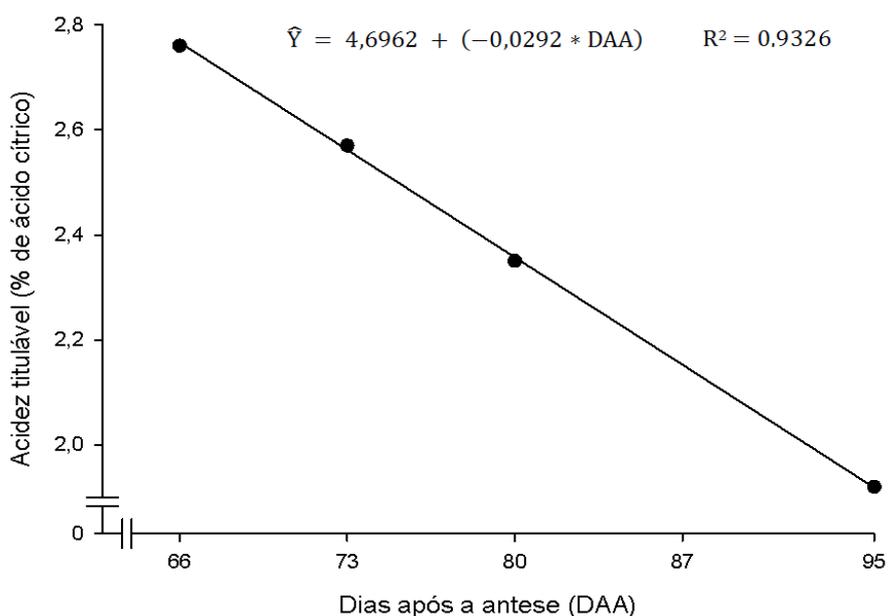
Segundo Franco et al. (2002), os frutos de lulo destinados à agroindústria devem apresentar no mínimo 9 °Brix e, para venda *in natura*, o fruto deve possuir mais de 50% do pericarpo alaranjado. Aos 73 DAA os frutos apresentavam aproximadamente metade do pericarpo alaranjado e a polpa 7,24 °Brix. A partir dos 85,47 DAA os frutos estavam aptos a serem colhidos para uso na agroindústria, pois apresentavam mais de 9 °Brix.

#### 4.8. Acidez titulável

Ocorreu redução na acidez titulável com o decorrer do desenvolvimento do fruto (Figura 21). Aos 66 DAA o teor de ácido cítrico foi de 2,76%, decrescendo até 1,92%, aos 95 DAA. Este resultado se justifica porque, ao passo que a fruta amadurece, o teor de açúcar vai aumentando e paralelamente ocorre degradação de ácidos orgânicos, que são utilizados como substrato no processo respiratório. Comportamento similar foi encontrado por outros autores, como Argenta et al. (1995), determinando padrões de maturação e índices de colheita de maçãs, por Gouveia et al. (2003), estudando a maturação de frutos de goiaba e por Queiroz (2009), estudando o desenvolvimento do mamão formosa.

Kays (1991) explica que tanto a cultivar quanto a época de produção pode interferir na concentração dos ácidos nos frutos. Segundo Bertin et al. (2000) o efeito do ambiente na acidez dos frutos é bastante complexo.

Segundo Heiser (1972) a variedade *quitoense* apresenta menor acidez do que a variedade *septentrionale*.



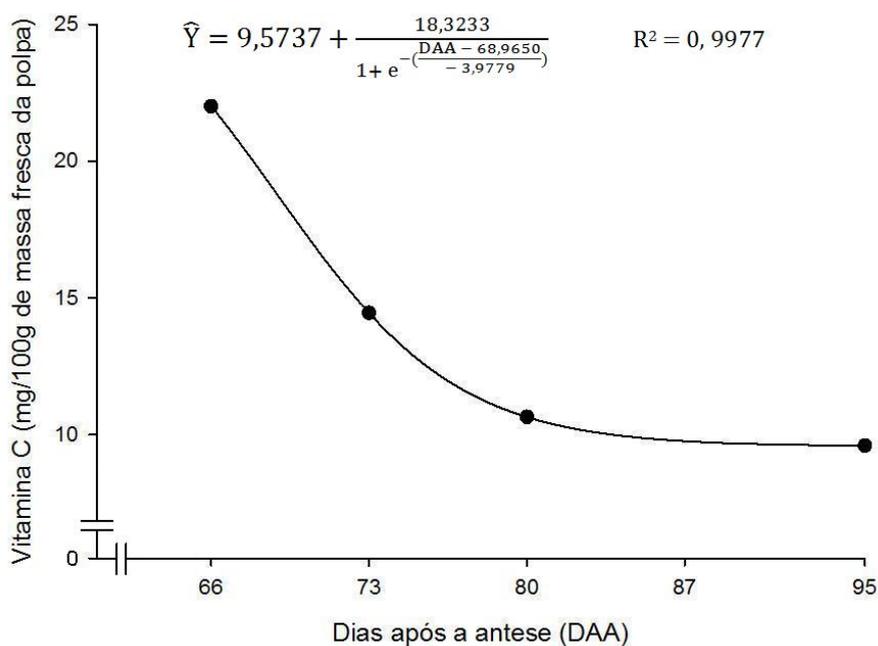
**Figura 21:** Valores observados e estimados do teor de acidez titulável da polpa (% de ácido cítrico) do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). Viçosa, MG, 2010.

#### 4.9. Vitamina C

O teor de vitamina C decresceu segundo modelo sigmoidal simples ao longo do desenvolvimento (Figura 22), decrescendo até aos 90 DAA, quando se estabilizou até a última análise.

O teor de vitamina C, na maioria dos frutos, tende a diminuir durante o processo de maturação. Butt (1980) atribui este decréscimo à atuação da enzima denominada ácido ascórbico oxidase (ascorbato oxidase), sendo que a atividade enzimática nos frutos maduros é maior que nos verdes, fato que pode explicar as perdas encontradas no decorrer da maturação.

Os frutos são classificados quanto aos teores de ácido ascórbico, da seguinte forma (FRANCO, 1999): fontes elevadas (100 a 300 mg/100g); fontes médias (50 a 100 mg/100g); fontes baixas (25 a 50 mg/100g) e fontes muito baixas quando menores que 25 mg/100g de polpa. Portanto, segundo a classificação apresentada, os frutos de lulo são classificados como de fonte muito baixa de vitamina C.



**Figura 22:** Valores observados e estimados da vitamina C da polpa (mg/100g de massa fresca da polpa) durante o desenvolvimento do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). Viçosa, MG, 2010.

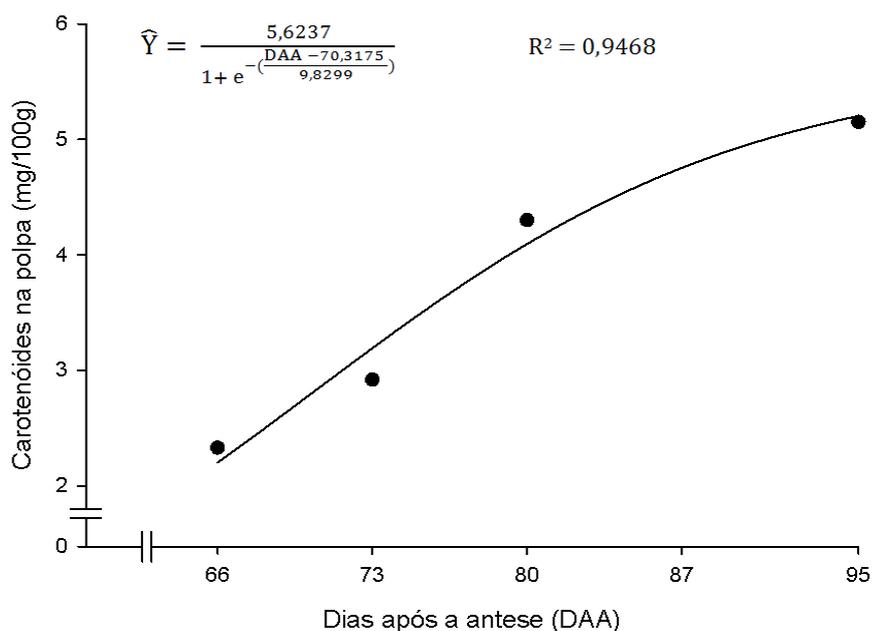
#### 4.10. Carotenóides da polpa

As médias dos teores de carotenóides ajustaram-se a um padrão de desenvolvimento sigmoidal simples em resposta a variação do tempo (Figura 23).

Observa-se ao longo do desenvolvimento dos frutos, incremento no teor de carotenóides, partindo de 2,33 mg/100g da massa fresca da polpa aos 66 DAA para 5,16 mg/100g aos 95 DAA.

Os teores de carotenóides totais aumentam durante o amadurecimento de diversos frutos, momento em que a carotenogênese é intensificada (LIMA et al., 2002), a exemplo da manga (SILVA, 2009) e mamão (QUEIROZ, 2009).

Segundo Huyskens et al. (2001) o principal carotenóide encontrado no fruto de lulo é o  $\beta$ -caroteno. Os resultados observados são ligeiramente superior aos encontrados por Óscar Acosta et al. (2009), que encontrou 4,6 mg/100g da massa fresca da polpa em frutos totalmente maduros.



**Figura 23:** Valores observados e estimados do teor de carotenóides da polpa (mg/100g de polpa) do fruto de lulo durante o desenvolvimento, em função do tempo (DAA). Viçosa, MG, 2010.

#### 4.11. Produção de CO<sub>2</sub>

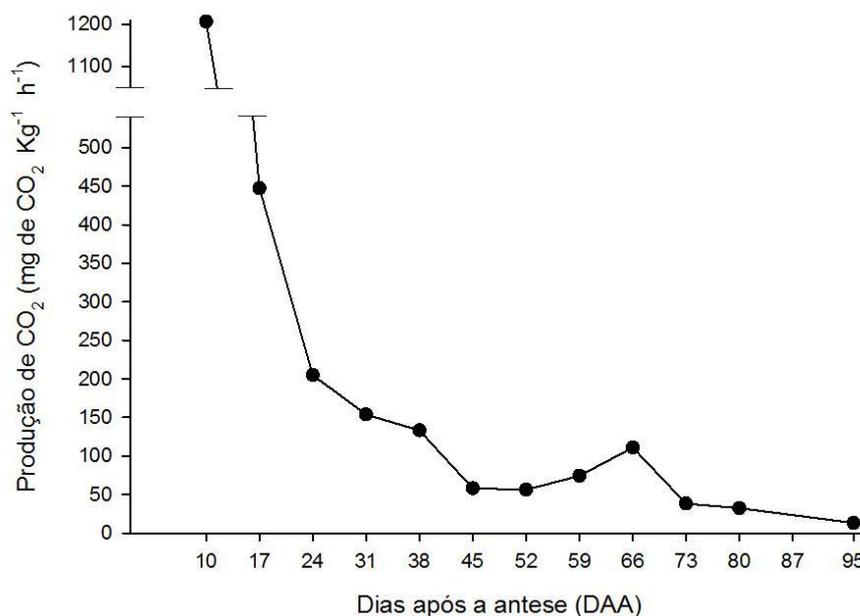
A classificação dos frutos como climatéricos ou não climatéricos é essencial para definir o ponto de colheita e técnicas de manipulação e de armazenamento que possam ser usadas para prolongar a vida pós-colheita (ARCHBOLD & POMPER, 2003). O climatério de frutos é acompanhado de mudanças físicas e químicas, como a redução da firmeza de polpa e da acidez titulável, evolução da cor, as quais fazem parte do amadurecimento (ABDI et al., 1998).

Segundo Galvis & Herrera (1999) os frutos de lulo são climatéricos, entretanto apresentam taxa de respiração relativamente baixa, mesmo durante o pico climatérico Arango et al. (2004). Nos frutos climatéricos, os eventos ocorrem rapidamente e com grande demanda de energia, responsável pela súbita ascensão da taxa respiratória (CHITARRA & CHITARRA, 2005). O climatério de frutos é acompanhado de mudanças físicas e químicas, como a redução da firmeza de polpa e da acidez total titulável, evolução da cor, pois estas mudanças, que fazem parte do amadurecimento (ABDI et al., 1998).

A atividade metabólica nos primeiros 10 dias de desenvolvimento do fruto foi intensa (Figura 24). A alta atividade respiratória durante o período inicial de desenvolvimento pode estar relacionada à maior energia despendida devido à intensa divisão celular. Em geral, os tecidos jovens que apresentam células em crescimento ativo possuem taxas de respiração mais elevadas que os tecidos com células mais velhas ou maduras (CHITARRA & CHITARRA, 2005), fato que não tem relação com o padrão climatérico ou não-climatérico do fruto (TAIZ & ZEIGER, 2008).

A taxa de produção de CO<sub>2</sub> decresceu de 1206,35 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, aos 10 DAA, para 447,04 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> aos 17 DAA (Figura 24). Essa queda brusca na atividade respiratória provavelmente ocorreu porque a multiplicação celular diminuiu com o passar do tempo. Dos 17 aos 45 DAA, a produção de CO<sub>2</sub> continuou em queda, porém um pouco mais suave, passando de 447,05 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para 58,06 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Dos 45 aos 52 DAA a produção do CO<sub>2</sub> manteve-se estável, com média de 57,08 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Dos 52 aos 59 DAA houve um aumento da produção de CO<sub>2</sub> caracterizado como ascensão climatérica, até atingir o pico aos 66 DAA, com produção de 110,99 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Pode-se observar que eventos importantes ocorreram simultaneamente ao pico climatérico, como o ponto de curvatura máxima para a massa fresca do fruto (Figura 15) e o volume do fruto

(Figura 12). No último dia de análise, aos 95 DAA, a produção de CO<sub>2</sub> foi de 13,05 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>.



**Figura 24:** Produção de CO<sub>2</sub> (mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) durante o desenvolvimento do fruto de lulo, ao longo do tempo (DAA). Viçosa, MG, 2010.

A partir dos 66 DAA, após o climatério respiratório, observa-se que o teor de vitamina C (Figura 22) e a acidez titulável (Figura 21) da polpa diminuem com o passar do desenvolvimento, e o teor de sólidos solúveis (Figura 20) aumenta. Segundo Chitarra & Chitarra (2005), esse decréscimo ocorre porque os ácidos orgânicos estão sendo largamente utilizados como substratos no processo respiratório ou na sua transformação em açúcares, levando a um aumento no teor de sólidos solúveis.

#### 4.12. Fases de desenvolvimento do fruto

Durante o desenvolvimento do fruto de lulo foram identificadas três fases, delimitadas pelos  $PC_{\min}$  e  $PC_{\max}$  das equações de ajuste sigmoideal simples das características físicas referentes ao fruto inteiro (Tabela 1). Segundo Chitarra & Chitarra (2005) e Kluge et al. (2002), nesse modelo, a primeira fase é, predominantemente, de intensa divisão celular, a segunda fase, de expansão rápida e a terceira fase, de maturação. Nota-se também que os  $PC_{\min}$  e  $PC_{\max}$  variaram de acordo com a característica. Portanto, embora seja possível estabelecer as fases do desenvolvimento para cada uma das características avaliadas, optou-se por utilizar suas médias para a delimitação do intervalo de tempo de cada fase.

**Tabela 1.** Pontos de curvatura mínima e máxima e taxas de crescimento máximas, em função do DAA, para as características físicas avaliadas durante o desenvolvimento do fruto de lulo nas condições de Viçosa, MG.

| Característica        | $PC_{\min}$ (DAA) | $PC_{\max}$ (DAA) | Taxa de Crescimento Máxima (DAA) |
|-----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| Comprimento           | -13,64            | 47,57             | 19,96                            |
| Diâmetro equatorial   | -2,58             | 42,26             | 19,84                            |
| Volume                | 14,81             | 63,37             | 39,09                            |
| Massa fresca do fruto | 16,55             | 62,35             | 39,45                            |
| Massa seca do fruto   | 21,80             | 72,62             | 47,21                            |
| Média                 | <b>7,39</b>       | <b>57,63</b>      | <b>33,11</b>                     |

A primeira fase do desenvolvimento do fruto variou de -13,64 (comprimento) a 21,80 DAA (massa seca do fruto), com média de 7,39 DAA (Tabela 1). Essa fase é caracterizada pela alta taxa respiratória (Figura 23), provavelmente devido à intensa multiplicação celular, sendo que a maior parte dos assimilados que chega ao fruto é convertida em energia e esqueletos de carbono para a formação de novas células, restringindo o acúmulo de reservas (TAIZ & ZEIGER, 2008). Ainda nesta fase, o fruto apresenta o pericarpo com coloração verde-claro (Figuras 13 e 14) e os incrementos no comprimento, diâmetro, volume e da massa do fruto são muito pequenos.

A segunda fase do desenvolvimento do fruto estendeu-se a partir dos 7,39 DAA até 57,63 DAA (Tabela 1), com o final da fase variando de 47,57 DAA para o comprimento, 42,26 DAA para o diâmetro equatorial, 63,37 DAA para o volume, 62,35 DAA para a massa fresca do fruto e 72,62 DAA para a massa seca do fruto. Nesta fase, registraram-se as taxas máximas de incremento das dimensões e da massa do fruto. A taxa respiratória decresceu dos 10 aos 45 DAA, e manteve-se estável por mais uma semana (52 DAA) e o pericarpo desenvolveu cor verde intensa (109 °h) (Figura 14). De acordo com Taiz & Zeiger (2008), durante o alongamento celular, polímeros de parede são constantemente sintetizados, ao mesmo tempo em que a parede preexistente se expande. Durante essa fase, houve grande incremento no comprimento, no diâmetro equatorial, no volume e no acúmulo de massa fresca, e não foi possível separar a polpa do pericarpo.

A terceira e última fase do desenvolvimento, estendeu-se a partir dos 57,63 DAA até 95,00 DAA (Tabela 1), último dia de avaliação. Nessa fase, houve tendência à estabilização nas dimensões e no acúmulo de massa fresca e seca do fruto. Nesse período ocorreu a ascensão climatérica (de 52 a 59 DAA), o climatério respiratório (66 DAA), com pico de produção de CO<sub>2</sub> de 110,99 CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> e o pós-climatério (dos 73 aos 95 DAA). Essa é a fase de amadurecimento do fruto, quando há um aumento no teor de sólidos solúveis na polpa (Figura 20) e concomitantemente queda da acidez titulável (Figura 21) e vitamina C da polpa (Figura 22), o que é comum nos frutos em seu estágio final de amadurecimento e senescência, quando os ácidos orgânicos começam a ser utilizados como substrato para o processo de respiração. Paralelamente, o pericarpo desenvolveu coloração alaranjada (Figura 14) gradativamente, característica da espécie. Nessa terceira fase, devido à mudança na textura do fruto, foi possível separar a polpa do pericarpo (a partir dos 66 DAA), estando o fruto apto para ser consumido.

#### **4.13. Relações entre características físicas e químicas de frutos maduros**

Observou-se grande variação entre os valores obtidos para cada característica (Tabela 2), como por exemplo, o volume do fruto, que variou de 45 cm<sup>3</sup> para 166 cm<sup>3</sup>. Essa grande variação pode ser explicada visto que foram utilizados frutos com o pericarpo totalmente alaranjado, mas com idades diferentes, pois não houve a

marcação do botão floral, e, portanto, os frutos apresentavam-se em estágios de maturação diferentes um dos outros.

Utilizando os valores de média do trabalho, o comprimento e o diâmetro equatorial do fruto foram semelhantes aos encontrados por Arango et al. (1999) na Colômbia e por Gancel et al. (2008) no Equador. A acidez titulável foi semelhante à encontrada por Óscar Acosta et al. (2009) na Costa Rica. O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi superior ao encontrado por Arango et al. (1999), Óscar Acosta et al. (2009) e Gancel et al. (2008), e inferior ao encontrado por Vieira (2004) em Honduras, que encontraram  $9,5 \pm 0,5$ ,  $9,1 \pm 0,5$ ,  $7,3 \pm 0,4$  e  $13,6 \pm 0,1$  °Brix, respectivamente. O teor de vitamina C e carotenóides da polpa foram semelhantes aos encontrados por Óscar Acosta et al. (2009), que encontrou 12,5 mg ácido Ascórbico 100 g<sup>-1</sup> de suco e 4,6 mg de carotenóides g<sup>-1</sup> de suco, respectivamente.

**Tabela 2:** Menores valores, valores médios com desvio padrão (DP) e maiores valores das características observadas nos frutos de lulo produzidos em Viçosa, MG.

| <b>Característica</b>                    | <b>Menor valor</b> | <b>Média ± DP</b> | <b>Maior valor</b> |
|--|--------------------|-------------------|--------------------|
| Massa fresca do fruto (g)                | 46,70              | 89,38 ± 27,83     | 163,43             |
| Massa fresca da polpa (g)                | 18,54              | 33,27 ± 13,04     | 72,88              |
| Massa fresca do pericarpo (g)            | 28,16              | 56,11 ± 16,72     | 97,08              |
| Massa seca do fruto (g)                  | 9,59               | 13,29 ± 4,56      | 18,35              |
| Massa seca da polpa (g)                  | 1,98               | 3,45 ± 1,02       | 5,39               |
| Massa seca do pericarpo (g)              | 7,54               | 8,66 ± 2,98       | 12,22              |
| Percentual de polpa (massa fresca) (%)   | 51,43              | 63,09 ± 4,67      | 76,79              |
| Volume do fruto (cm <sup>3</sup> )       | 45,00              | 80,57 ± 27,91     | 166,00             |
| Comprimento do fruto (mm)                | 41,40              | 51,66 ± 4,79      | 61,57              |
| Diâmetro equatorial do fruto (mm)        | 45,77              | 55,28 ± 5,75      | 68,95              |
| Espessura pericarpo (mm)                 | 1,34               | 2,49 ± 0,54       | 3,74               |
| Cor do pericarpo (°Hue)                  | 49,65              | 60,98 ± 4,73      | 70,00              |
| Teor de Sólidos Solúveis Totais (°Brix)  | 8,30               | 9,91 ± 0,61       | 10,80              |
| Acidez Total Titulável (% ác. cítrico)   | 1,86               | 2,62 ± 0,47       | 3,91               |
| Vit. C (mg ác. Ascórbico /100 g de suco) | 10,80              | 13,90 ± 2,64      | 21,60              |
| Carotenóides (mg / 100 g de suco)        | 3,56               | 4,75 ± 0,44       | 5,66               |

Verificaram-se correlações significativas entre a maioria das características físicas avaliadas (Tabela 3). O diâmetro equatorial e o comprimento apresentaram alta correlação (superior a 0,960\*\*) com a massa fresca do fruto. O diâmetro

equatorial e o comprimento apresentaram correlação positiva com a massa fresca da polpa, e não se correlacionaram significativamente com a percentagem de polpa. Isto indica que frutos maiores e com maior massa fresca não necessariamente têm maior rendimento de polpa. O ângulo hue apresentou correlação negativa com a massa fresca (-0,2958\*), indicando que frutos com maior massa fresca apresentam coloração do pericarpo menos alaranjada. Em relação às características químicas, a maioria das correlações não foi significativa (Tabela 3). Com as características físicas e químicas analisadas não foi possível encontrar nenhum critério não-destrutivo de frutos para colheita.

**Tabela 3:** Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre as características: comprimento do fruto (COMP), diâmetro equatorial do fruto (DIAM), volume do fruto (VOL), espessura do pericarpo (EP), coloração do pericarpo (HUE), percentual de polpa (%POL), massa fresca do fruto (MFF), massa fresca do pericarpo (MFP), massa fresca da polpa (MFPOL), massa seca do fruto (MSF), massa seca do pericarpo (MSP), massa seca da polpa (MSPOL), teor de sólidos solúveis (BRIX), carotenóides (CAROT), acidez titulável (ACID) e teor de vitamina C (VIT C).

|              | COMP                  | DIAM                  | VOL                   | EP                    | HUE                   | %POL                  | MFF                   | MFP                   | MFPOL                 | MSF                   | MSP                  | MSPOL                 | BRIX                 | CAROT                 | ACID     |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------|
| <b>DIAM</b>  | 0,9347**              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>VOL</b>   | 0,8604**              | 0,8397**              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>EP</b>    | 0,4543**              | 0,5286**              | 0,2961*               |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>HUE</b>   | -0,2367 <sup>ns</sup> | -0,3222*              | -0,1852 <sup>ns</sup> | -0,2723 <sup>ns</sup> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>%POL</b>  | -0,0314 <sup>ns</sup> | -0,1432 <sup>ns</sup> | -0,1043 <sup>ns</sup> | -0,0274 <sup>ns</sup> | -0,1391 <sup>ns</sup> |                       |                       |                       |                       |                       |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>MFF</b>   | 0,9647**              | 0,9687**              | 0,8823**              | 0,5100**              | -0,2958*              | -0,2230 <sup>ns</sup> |                       |                       |                       |                       |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>MFP</b>   | 0,8673**              | 0,8560**              | 0,7907**              | 0,4113**              | -0,1658 <sup>ns</sup> | -0,5814*              | 0,9164**              |                       |                       |                       |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>MFPOL</b> | 0,9296**              | 0,9451**              | 0,8522**              | 0,5283**              | -0,3632*              | 0,0821 <sup>ns</sup>  | 0,9501**              | 0,7457**              |                       |                       |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>MSF</b>   | 0,4142**              | 0,3581*               | 0,3587*               | 0,0979 <sup>ns</sup>  | 0,3989**              | -0,8755*              | 0,4391**              | 0,7179**              | 0,1712 <sup>ns</sup>  |                       |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>MSP</b>   | 0,9087**              | 0,9207**              | 0,8523**              | 0,4513**              | -0,2795 <sup>ns</sup> | -0,3483**             | 0,9503**              | 0,9230**              | 0,8622**              | 0,5547**              |                      |                       |                      |                       |          |
| <b>MSPOL</b> | 0,0399 <sup>ns</sup>  | -0,0325 <sup>ns</sup> | 0,0022 <sup>ns</sup>  | -0,1080 <sup>ns</sup> | 0,6120**              | -0,8655*              | 0,0488 <sup>ns</sup>  | 0,3930**              | -0,2252 <sup>ns</sup> | 0,9106**              | 0,1612 <sup>ns</sup> |                       |                      |                       |          |
| <b>BRIX</b>  | 0,0177 <sup>ns</sup>  | 0,1112 <sup>ns</sup>  | 0,0036 <sup>ns</sup>  | 0,1580 <sup>ns</sup>  | -0,0152 <sup>ns</sup> | 0,2056 <sup>ns</sup>  | 0,0472 <sup>ns</sup>  | -0,0550 <sup>ns</sup> | 0,1213 <sup>ns</sup>  | -0,0839 <sup>ns</sup> | 0,1308 <sup>ns</sup> | -0,1645 <sup>ns</sup> |                      |                       |          |
| <b>CAROT</b> | -0,0617 <sup>ns</sup> | 0,0609 <sup>ns</sup>  | -0,0274 <sup>ns</sup> | 0,1307 <sup>ns</sup>  | -0,1789 <sup>ns</sup> | 0,2963**              | -0,0146 <sup>ns</sup> | -0,1420 <sup>ns</sup> | 0,0864 <sup>ns</sup>  | -0,2646 <sup>ns</sup> | 0,0242 <sup>ns</sup> | -0,3259*              | 0,7048**             |                       |          |
| <b>ACID</b>  | 0,3870*               | 0,3869*               | 0,3194*               | 0,5001**              | -0,4259**             | 0,0233 <sup>ns</sup>  | 0,4303**              | 0,3162*               | 0,4696**              | -0,0473 <sup>ns</sup> | 0,3495*              | -0,2297 <sup>ns</sup> | 0,0002 <sup>ns</sup> | -0,0007 <sup>ns</sup> |          |
| <b>VIT C</b> | 0,2600 <sup>ns</sup>  | 0,3013*               | 0,2739 <sup>ns</sup>  | 0,2767 <sup>ns</sup>  | -0,0497 <sup>ns</sup> | -0,0314 <sup>ns</sup> | 0,3223*               | 0,2790 <sup>ns</sup>  | 0,3189*               | 0,1116 <sup>ns</sup>  | 0,2750 <sup>ns</sup> | -0,0042 <sup>ns</sup> | 0,1621 <sup>ns</sup> | 0,0548 <sup>ns</sup>  | 0,5348** |

Os índices sobrescritos \*, \*\*, ns, significam significativos a 5% significância, a 1% de significância e não significativo, respectivamente.

## 5. CONCLUSÕES

» O ciclo do desenvolvimento do fruto de lulo em Viçosa estendeu-se por 95 dias.

» O padrão de desenvolvimento do fruto ajustou-se ao modelo sigmoidal simples, com três estágios de crescimento, de 0 a 7,39 dias após a antese (DAA), de 7,39 até 57,63 DAA e de 57,63 a 95,00 DAA.

» O climatérico respiratório do fruto ligado à planta foi atingido aos 66 DAA, com pico de produção de CO<sub>2</sub> de 110,99 mg de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

» Para consumo *in natura*, o fruto de lulo pode ser colhido a partir dos 73 DAA, pois apresentava mais de 50% do pericarpo alaranjado.

» Para uso na agroindústria, o fruto de lulo pode ser colhido a partir dos 85,47 DAA, pois apresentava mais de 9° Brix.

## 6. REFERÊNCIAS

ABDI, N.; MCGLASSON, W. B.; HOLFORD, P. Responses of climacteric and suppressed climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, n.1, p.29 – 39, 1998.

ALMANZA, M. T.; CURE, J. R.; ROJAS, D. & WITTMANN, D. A model to pollinate an exotic fruit (*Solanum quitoense*) with bumblebees. **53 Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft der Bieneninstitute Hohenheim**, Germany. 2006.

AOAC - ASSOCIATION ON OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 11nd ed. Washington: AOAC, 1992. 1115 p.

ARANGO H., VAILLANT F., VÉLEZ C, MILLAN P, REYNES M. Evaluation of post-harvest performance of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) fruits packed under modified atmosphere. **Fruits**, v.54: p.261-270. 1999.

ARCHBOLD, D. D. & POMPER, K. W. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics. **Postharvest Biology and Technology**, v.30, n.1, p.99-103, 2003.

ARGENTA, L.C.; BENDER, R.J.; KREUS, C.L.; MONDARDO, M. Padrões de maturação índices de colheita de maçãs CVS. Gala, Golden Delicious e Fuji. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.30, n.10, p.1259- 1166. 1995.

ARÓSTEGUI, F.; PENNOCK, W. **La acerola**. Rio Piedras: Universidad de Puerto Rico, 1955. 9 p.

BERTIN, N., GHICHARD, N., LEONARDI, C., LONGUENESSE, J.J., LANGLOIS, D., NAVES, B. Seasonal evolution the quality of fresh glasshouse tomato under mediterranean conditions, as affected by vapour pressure deficit and plant fruit load. **Annals of Botany**, v.85. p.741-750, 2000.

BROWN, G. E. Fruit handling and decay control techniques affecting quality. **ACS Symposium Series**, Washington, v.143, p.193-224, 1980.

BUTT, V. S. Direct oxidases and related enzymes. In: STUMPE, P. K.; CONN, E. E. The biochemistry of plants: a comprehensive treatise. **Academic Press**, New York, v.2, p.81-123, 1980.

CAVICHIOLO, J. C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C. A.; PAULO, E. M.; FAGUNDES, J. L.; KASAI, F. S. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.28, n.1, p.92-96, 2006.

CHITARRA, M. L. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças – Fisiologia e Manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COOMBE, B.G. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.27, p.507-528, 1976

DALEYS FRUIT. Disponível em:  
<<http://www.daleysfruit.com.au/fruit%20pages/naranjilla.htm>>. Acesso em: 12 novembro 2010.

ESTRADA, E.I. Potencial genético del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y factores que limitan su expresión. **Acta Horticulturae**. 310, 171-182. 1992.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 ed. São Paulo: Livraria Atheneu, 1999. 307 p.

FRANCO, G.; BERNAL, J.; GIRALDO, M. J.; TAMAYO, P. J.; CASTAÑO, O.; TAMAYO, A.; GALLEGO, J. L.; BOTERO, M. J.; RODRIGUEZ, J. E.; GUEVARA, N. J.; MORALES, J. E.; LONDOÑO, M.; RÍOS, G.; RODRÍGUEZ, J. L.; CARDONA, J. H.; ZULETA, J.; CASTAÑO, J.; RAMÍREZ, M. C. **El cultivo del lulo**. Vereda Morelia – Colômbia: CORPOICA, 2002. 103 p.

GALO, URBINA B. **Evaluación agronómica de dos variedades y dos híbridos de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam) y su respuesta a dos densidades de plantación en julio moreno, provincia bolí**. 2008. 113 f. Tese (Mestado em Fitotecnia) - Universidad Estatal De Bolívar, Ecuador. 2008.

GALVIS, J.; HERRERA, A. **Evolución de las pérdidas durante la cosecha del lulo**. Santafé de Bogotá, Colômbia: Convenio SENA-ICTA, 1993. 35 p.

GALVIS, J.A. & A. HERRERA. **El lulo *Solanum quitoense* Lam. Manejo de poscosecha**. Santafé de Bogotá, Colômbia: Convenio SENA-ICTA, 1999. 59 p.

GANCEL, L.; ALTER, P.; DHUIQUE-MAYER, C.; RUALES J.; VAILLANT, F. Identifying Carotenoids and Phenolic Compounds In Naranjilla (*Solanum quitoense*), an Andean Fruit. **J. Agric. Food Chem.**, v.56, n.24, p.11890–11899. 2008.

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, Especial, n.1, p.85-94, 2003.

GUZMÁN R, DE VILLAVECES MC, DE CLAVIJO E. Estudio de la composición química del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y obtención de un producto comercial a partir de este fruto. **Frutas Trop. Bol. Informativo.**: p.59-69. 1977.

HEISER, C. B. The relationships of the naranjilla, *Solanum quitoense*. **Biotropica**, v.4, p.77-84. 1972.

HEISER, C. Ethnobotany of the Naranjilla (*Solanum quitoense*) and its relatives. **Economic Botany**, v.39, p.4-11. 1985.

HULME, A.C. **The Biochemistry of fruits and their Products**. London: Academic Press, 1970. 618 p.

HUYSKENS, K. S.; PRONO-WIDAYAT, H.; SCHREINER, M.; PETERS, P. Effect of surface coating and film packaging on the keeping quality of solanaceous crops (*Solanum muricatum* Ait., *Solanum quitoense* Lam.). **Acta Hortic.** v.553, p.621–625. 2001.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Avi, 1991. 532 p.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: Editora UFPel, 2002. 163 p.

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

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A., LIMA, D. E. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, Brasil, v.59, n.3, p.447-450. 2002.

LOBO, M. Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva. **Memorias 3er Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales**, Manizales, p.27-36. noviembre 15 al 17 de 2000.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v.27, n.12, p.1254-1260, 1992.

ÓSCAR ACOSTA, PÉREZ, A. M., VAILLANT F. Chemical characterization, antioxidant properties, and volatile constituents of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) cultivated in Costa Rica. **Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición**, v.59, n.1, p.88-94. 2009.

QUEIROZ, R. F. **Desenvolvimento de mamão formosa ‘tainung 01’ cultivado em Russas-Ceará**. 2009. 83 p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do SemiÁrido - UFERSA. 2008.

SANTACRUZ, M. A. **Estudio fenológico y reproductivo de la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam), peach tomato (*Solanum sessiliflorum* Dunal) y uchuva (*Physalis peruviana* Lam)**. 2004. 67 f. Tese (Mestrado em Ciencia y Producción Agropecuaria) - El Zamorano. 2004.

SILVA, D. F. P. **Desenvolvimento e controle do amadurecimento da manga ‘Ubá’**. 106 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa – UFV. 2009.

TOM. Disponível em: <<http://tomclothier.hort.net/album/ruffled.htm>>. Acesso em: 05 novembro 2010.

VENEGAS, J.G.; HARRIS, R.S. & SIMON, B.A. A comprehensive equation for the pulmonary pressure-volume curve. **Journal of Applied Physiology**, v.84, p.389-395, 1998.

XOTIC FOODS. Disponível em: <[http://www.xoticfoods.com/prod\\_frutas\\_lulo.htm](http://www.xoticfoods.com/prod_frutas_lulo.htm)>. Acesso em: 12 novembro 2010.