



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)  
ESCOLA DE AGRONOMIA (EA)  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA (PPGA)

LUCAS MARQUEZAN NASCIMENTO

## **Fenologia de plantas e curva de maturação de frutos de caqui**

GOIÂNIA  
2021



**UFG**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA

## **TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES**

### **E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### **1. Identificação do material bibliográfico**

Dissertação       Tese

#### **2. Nome completo do autor**

LUCAS MARQUEZAN NASCIMENTO

#### **3. Título do trabalho**

**FENOLOGIA DE PLANTAS E CURVA DE MATURAÇÃO DE FRUTOS DE  
CAQUIZEIRO**

#### **4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)**

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>1</sup>

**[1]** Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

**a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **LUCAS MARQUEZAN  
NASCIMENTO, Discente**, em 31/05/2021, às 11:38, conforme horário oficial



de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Alexsander seleguini, Usuário Externo**, em 31/05/2021, às 16:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1987227** e o código CRC **48EB6160**.

---

**Referência:** Processo nº 23070.013806/2020-91

SEI nº 1987227

LUCAS MARQUEZAN NASCIMENTO

**Fenologia de plantas e curva de maturação de frutos de  
caquizeiro**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Professor Doutor Alexander Seleguini

Coorientadores: Professor Doutor Luis Carlos Cunha Júnior; Professor Doutor André José de Campos

GOIÂNIA  
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Nascimento, Lucas Marquezan  
Fenologia de plantas e curva de maturação de frutos de caquizeiro  
[manuscrito] / Lucas Marquezan Nascimento. - 2020.  
114 f.

Orientador: Prof. Dr. Alexander Seleguini; Coorientadores: Dr.  
Luis Carlos Cunha Júnior, Prof. Dr. André José de Campos  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia,  
Goiânia, 2020.

Bibliografia.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas,  
lista de figuras, lista de tabelas.

1. *Diospyros kaki*. 2. fenologia. 3. fitotecnia. 4. fruticultura. 5.  
temperatura. I. Seleguini, Alexander, orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

### ATA DE DEFESA DE TESE

#### ATA Nº 21 DA SESSÃO DE DEFESA DE TESE DE LUCAS MARQUEZAN NASCIMENTO, QUE CONFERE O TÍTULO DE DOUTOR EM AGRONOMIA, NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL.

Aos trinta e um dias do mês de março do ano de dois mil e vinte (31.03.2020), às 14h30min, por vídeo conferência, foram instalados os trabalhos pelo orientador e presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Alexander Seleguini - UFMT, e contou com a participação por vídeo conferência dos demais membros: Prof. Dr. Luis Carlos Cunha Júnior - EA/UFG - coorientador, Profª. Drª. Elí Regina Barboza de Souza - EA/UFG, Prof. Dr. Luiz Fernandes Cardoso Campos - EA/UFG, Prof. Dr. Eduardo Pradi Vendruscolo - UEMS e Profª. Drª, Yanuzi Mara Vargas Camilo - UniEvangélica, para a realização da sessão pública da defesa de Tese intitulada: "**FENOLOGIA DE PLANTAS E CURVA DE MATURAÇÃO DE FRUTOS DE CAQUIZEIRO**", de autoria de **Lucas Marquezan Nascimento**, discente do curso de **Doutorado**, na área de concentração em **Produção Vegetal**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG. O presidente da sessão deu início aos trabalhos e em seguida passou a palavra ao doutorando, que por vídeo conferência, em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, o examinando foi arguido pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com a Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFG, a Banca Examinadora considerou a Tese "**APROVADA**", com as correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOUTOR** em Agronomia, na área de concentração em **PRODUÇÃO VEGETAL**, pela Universidade Federal de Goiás. O doutorando poderá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar nova versão eletrônica da tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da defesa. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa tese, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de acatadas as modificações sugeridas. Proclamados os resultados pelo Prof. Dr. Alexander Seleguini, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos membros da Banca Examinadora, aos trinta e um dias do mês de março do ano de dois mil e vinte (31.03.2020).

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

#### "FENOLOGIA DE PLANTAS E CURVA DE MATURAÇÃO DE FRUTOS DE CAQUIZEIRO".



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Fernandes Cardoso Campos, Usuário Externo**, em 31/03/2020, às 18:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eli Regina Barboza De Souza, Professor do Magistério Superior**, em 31/03/2020, às 18:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº](#)

[8.539, de 8 de outubro de 2015.](#)

---



Documento assinado eletronicamente por **Luis Carlos Cunha Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 31/03/2020, às 19:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.](#)

---



Documento assinado eletronicamente por **Yanuzi Mara Vargas Camilo, Usuário Externo**, em 01/04/2020, às 21:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.](#)

---



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Pradi Vendruscolo, Usuário Externo**, em 02/04/2020, às 05:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.](#)

---



Documento assinado eletronicamente por **Alexsander seleguini, Usuário Externo**, em 02/04/2020, às 09:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.](#)

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1237789** e o código CRC **D7083796**.

---

Referência: Processo nº 23070.013806/2020-91

SEI nº 1237789

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela saúde e capacidade de realizar tantas coisas. Por sempre guiar meu caminho e minha vida. Grato por tudo que tenho e sou.

Agradeço a minha família, aos meus pais Luiz Carlos Nascimento e Neusa Maria Marquezan Nascimento, e ao meu irmão Guilherme Marquezan Nascimento pelo amor, paciência, apoio, dedicação, cuidado, compreensão, zelo, sacrifício, e companheirismo em todos os momentos.

Agradeço a Anna Paula Milhomen Dias Carneiro Romão Minetti, minha amiga e companheira, por sempre me apoiar e me animar nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao CNPq pela concessão de bolsa. Aos meus pais, agradeço pelo apoio financeiro na condução da pesquisa. A Emater por ceder a área, as plantas, os frutos e parte da mão de obra necessária para o trabalho. A UEG pela disponibilização de material e estrutura.

Agradeço ao Msc. Toshio Ogata, por ter sido sempre atencioso, amigável e disposto a ajudar e me ensinar tudo que foi necessário.

Agradeço a todos os funcionários e pesquisadores da Estação Experimental de Anápolis que me ajudaram com muita educação e zelo, em especial Joaquim, Valdivino, Benedito Garcês, Marcos Coelho, Raimunda, Lindolfo, Sidney, Valdivina Lúcia, Hilda, Tudes, entre outros.

Agradeço aos professores Alexsander Seleguini, Luis Carlos Cunha Junior e André José de Campos pela orientação dispensada, o incentivo, a paciência e a correção dos trabalhos.

Agradeço a professora Adriana Teramoto que desde a graduação vem me incentivando, apoiando e oferecendo diversas oportunidades para me tornar um profissional melhor.

Agradeço a todos os colegas do curso de Pós-Graduação, em especial Eduardo Pradi Vendruscolo, Daniel Brandão, Fernando Ribeiro Teles Camargo, Renato Rosa de Almeida, Lismaíra Gonçalves Caixeta Garcia, Carlos de Melo e Luiz Fernandes Cardoso Campos, pela amizade e ajuda em todas as etapas da jornada.

Agradeço a todos meus amigos que participaram não só para a realização do trabalho, mas também pelo valor da amizade de cada um. Meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigado a todos!

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	21
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	23
2.1 PRODUÇÃO DE CAQUI .....	23
2.2 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DOS FRUTOS .....	24
2.3 CULTIVARES .....	26
2.3.1 Rama Forte .....	28
2.3.2 Giombo .....	29
2.3.3 Pomelo .....	63
2.4 FENOLOGIA .....	30
2.5 CURVA DE MATURAÇÃO .....	31
2.6 REFERÊNCIAS .....	32
<b>3. FENOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS DE TRÊS CULTIVARES DE CAQUIZEIRO EM SAVANA TROPICAL</b> .....	41
3.1 INTRODUÇÃO .....	42
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	43
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
3.4 CONCLUSÕES .....	55
3.5 REFERÊNCIAS .....	56
<b>4. NECESSIDADES TÉRMICAS DE TRÊS CULTIVARES DE CAQUIZEIRO EM REGIÃO TROPICAL</b> .....	62
4.1 INTRODUÇÃO .....	63
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	66
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	69
4.4 CONCLUSÕES .....	81
4.5 REFERÊNCIAS .....	81
<b>5. CURVA DE MATURAÇÃO DO CAQUI EM CLIMA TROPICAL</b> .....	88
5.1 INTRODUÇÃO .....	89
5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	90
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	94
5.4 CONCLUSÕES .....	103
5.5 REFERÊNCIAS .....	104
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	111
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	112

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** Flor feminina de caqui ‘Rama Forte’ em corte longitudinal (A); flor feminina de caqui ‘Giombo’ em antese (B); flor masculina de caqui ‘Pomelo’ em corte longitudinal (C); cimeira de flores de caqui ‘Pomelo’ (D)..... 25
- Figura 2.2** Folhas, flores e frutos de caquizeiro ‘Rama Forte’: superfície adaxial de folha madura (A); superfície abaxial de folha madura (B); flor em seção transversal com ovário a mostra (C); ovário no início do desenvolvimento em fruto (D); sementes (E); frutos aderidos ao ramo (F); parte inferior de um fruto próximo ao ponto de colheita (G); parte superior do fruto mostrando cálice persistente (H); fruto no ponto de colheita, em vista lateral (I); corte longitudinal de fruto maduro (J). ..... 28
- Figura 2.3** Folhas, flores e frutos de caquizeiro ‘Giombo’: superfície adaxial de folha madura (A); superfície abaxial de folha madura (B); sementes (C); frutos aderidos ao ramo (D); parte inferior de um fruto próximo ao ponto de colheita (E); parte superior do fruto com cálice persistente (F); fruto no ponto de colheita em vista lateral (G); corte longitudinal de fruto maduro (H). ..... 29
- Figura 2.4** Folhas, flores e frutos de caquizeiro ‘Pomelo’: superfície adaxial de folha madura (A); superfície abaxial de folha madura (B); cimeira de botões florais com flor hermafrodita ao centro e uma masculina em cada lado (C); flor feminina em antese (D); sementes (E); frutos aderidos ao ramo (F); parte inferior de um fruto próximo ao ponto de colheita (G); parte superior do fruto com cálice persistente (H); fruto no ponto de colheita em vista lateral (I); corte longitudinal de fruto maduro (J). Fonte:..... 64
- Figura 3.1** Temperaturas médias, máximas, mínimas, umidade relativa do ar (A); precipitação pluvial, radiação solar acumulada (B) e fenologia (C) de três cultivares de caquizeiro (Rama Forte = RF; Pomelo = PO; e Giombo = GI) durante quatro ciclos produtivos (2014 a 2018), em Anápolis, GO. Fenofases: GE = Gema inchada; PV = Ponta verde; BR = Brotação; FL = Florescimento; FR = Frutificação; F1 = Frutos com 50% do tamanho final; F2 = Frutos com 70% do tamanho final; F3 = Frutos com 90% do tamanho final; CO = Colheita dos frutos. .... 46
- Figura 3.2** Quantidade de dias após a poda necessários para o início da brotação (A), florescimento (B), frutificação (C) e colheita de frutos (D) de três cultivares de caquizeiro produzidos em Anápolis, GO, em quatro ciclos produtivos. .... 49
- Figura 3.3** Evolução do diâmetro transversal de frutos de caquizeiro das cultivares Rama Forte (RF), Giombo (GI) e Pomelo (PO) em quatro anos diferentes de avaliação 2014 (A), 2015 (B), 2016 (C) e 2017 (D) em Anápolis – GO, Brasil. .... 53
- Figura 4.1** Dados de temperaturas máximas, médias e mínimas (A), radiação solar acumulada e precipitação (B) registrados entre 2014 e 2018 em Anápolis, Goiás. .... 67
- Figura 4.2** Horas de frio registradas em quatro anos de cultivo em Anápolis-GO, segundo a fórmula de Angelocci et al. (1979), considerando-se quatro temperaturas basais diferentes para o caquizeiro ( $T_b = 8^{\circ}\text{C}; 10^{\circ}\text{C}; 12^{\circ}\text{C}$  e  $14^{\circ}\text{C}$ )..... 80

<b>Figura 5.1</b> Diâmetro longitudinal e diâmetro transversal de três cultivares de caquizeiro (A = Rama Forte, B = Pomelo e C = Giombo) e massa de frutos de caqui (D) de plantas cultivadas em Goiás, na safra 2017/2018 (n=60 e barras verticais indicam o desvio padrão das médias). .....	94
<b>Figura 5.2</b> Luminosidade da casca (A), luminosidade da polpa (B), ângulo hue da casca (C), ângulo hue da polpa (D), croma da casca (E) e croma da polpa (F) de cultivares de caqui cultivadas em Goiás, na safra 2017/2018 (n=48 e barras verticais indicam o desvio padrão das médias). .....	97
<b>Figura 5.3</b> Firmeza externa (A) e firmeza da polpa (B) de frutos de caqui de três cultivares, conduzidas em Goiás, safra 2017/2018 (n=48 e barras verticais indicam o desvio padrão das médias). .....	100
<b>Figura 5.4</b> Sólidos Solúveis (A), Acidez Titulável (B), pH (C) e Índice de Maturação (D) de frutos de caqui de três cultivares, conduzidas em Goiás, safra 2017/2018 (n=9 e barras verticais indicam o desvio padrão das médias). .....	102

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 4.1</b> Número graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o estágio de gema inchada (GE) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.....	70
<b>Tabela 4.2</b> Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o estágio de ponta verde (PV) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.....	70
<b>Tabela 4.3</b> Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o estágio de brotação (BR) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO. ....	71
<b>Tabela 4.4</b> Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o florescimento (FL) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO... ..	72
<b>Tabela 4.5</b> Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda o estágio de frutificação (FR) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.....	73
<b>Tabela 4.6</b> Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o estágio de F1 (frutos com 50% do tamanho final) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.....	74
<b>Tabela 4.7</b> Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o estágio de F2 (frutos com 70% do tamanho final) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.....	75
<b>Tabela 4.8</b> Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o estágio de F3 (frutos com 90% do tamanho final) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.....	75
<b>Tabela 4.9</b> Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e a colheita de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.....	76
<b>Tabela 4.10</b> Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o final da colheita de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO. ....	78

## RESUMO

NASCIMENTO, L. M. **Fenologia de plantas e curva de maturação de frutos de caquizeiro**. 2020. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020<sup>2</sup>.

Mudanças climáticas tendem a provocar alterações no comportamento fenológico em plantas, impactando diretamente no desenvolvimento e modificando a duração do ciclo. Tais variações irão influenciar no manejo, crescimento, sazonalidade das plantas e de seus frutos, bem como a maturação e qualidade dos mesmos. Objetivou-se avaliar o comportamento fenológico e o desenvolvimento dos frutos de três cultivares de caquizeiro comum (Rama Forte, Giombo, Pomelo) conduzidas no Centro-Oeste Brasileiro. Avaliou-se as plantas durante quatro ciclos subsequentes, de agosto de 2014 a junho de 2018. Para os estudos que envolveram a fenologia das plantas foram contabilizadas, em dias após a poda de produção, as seguintes fenofases: gema inchada, ponta verde, brotação, florescimento, frutificação, frutos com 50% do tamanho final, frutos com 70 % do tamanho final, frutos com 90% do tamanho final, início da colheita e final da colheita. Para soma térmica foi considerado o somatório térmico ou graus-dia (GD) para a cultura completar cada fase fenológica. Quantificou-se também o número de horas de frio acumuladas (NHF). Para a curva de maturação, em 2018, marcou-se 120 frutos, em seis plantas do pomar. Semanalmente, dois meses após a poda e aplicação tratamento de unifomização de brotação (SAC), foram avaliados os diâmetros transversal (DT) e longitudinal dos frutos (DL) em campo. A partir da 18<sup>a</sup> até a 31<sup>a</sup> semana após a aplicação do SAC, nove frutos foram analisados semanalmente sendo medida a coloração da polpa e da casca, firmeza (FIR) externa e da polpa, massa fresca, o teor de sólidos solúveis (SS), de acidez titulável (AT), o pH e o Índice de Maturação. Em anos quentes e com podas tardias, as plantas brotaram mais rapidamente. ‘Pomelo’ adaptou-se melhor ao clima local. O intervalo entre a brotação e o florescimento em condição tropical foi menor que o observado por outros autores em climas mais amenos. Variações climáticas anuais provocaram diferenças nas taxas de crescimento do diâmetro transversal dos frutos. ‘Pomelo’, ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ atingiram o ponto de colheita com menor necessidade térmica em comparação com outros trabalhos publicados. ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’ não apresentaram um padrão de exigência térmica entre os anos. Pelo menos 400 horas abaixo de 14°C atenderam a demanda em horas de frio do caquizeiro. O crescimento dos frutos foi mais rápido até a 14<sup>a</sup> SAC. Entre a 15<sup>a</sup> e a 20<sup>a</sup> SAC houve uma redução na taxa de crescimento, e a partir da 22<sup>a</sup> SAC os frutos voltaram a ter um crescimento mais expressivo. ‘Pomelo’ teve frutos maiores e mais pesados. A epiderme dos frutos passou de verde quando imaturo até vermelho intenso quando maduro. Em três semanas a FIR externa passou de 81 N para 5 N. O pico no teor de SS dos frutos de ‘Pomelo’ e ‘Rama Forte’ foi na 26<sup>a</sup> SAC, e de ‘Giombo’ na 29<sup>a</sup> SAC. Nas condições de savana tropical, recomenda-se que a melhor época para colheita dos frutos das cultivares seja cerca de três semanas antes da completa maturidade.

Palavras-chaves: *Diospyros kaki*, soma térmica, estágio de maturação, crescimento.

---

<sup>2</sup>Orientador: Prof. Dr. Aleksander Seleguini, EA-UFG. Coorientadores: Prof. Dr. Luís Carlos Cunha Júnior, EA -UFG. Prof. Dr. André José de Campos, UEG

## ABSTRACT

NASCIMENTO, L. M. **Plant phenology and maturation curve of persimmon fruits.** 2020. 113 p. Thesis (PhD. in Agronomy: Crop Production) Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020<sup>3</sup>.

Climatic changes tend to cause changes in the phenological behavior of plants, directly influencing the development and changing the duration of the cycle. Such variations will influence the management, growth, seasonality of the plants and their fruits, as well as their maturation and quality. The objective was to evaluate the phenological behavior and fruit development of three common persimmon cultivars (Rama Forte, Giombo and Pomelo) conducted in the Midwest of Brazil. The plants were evaluated during four subsequent cycles, from August 2014 to June 2018. For the studies that involved the phenology of the plants, the following phenophases were counted, in days after the production pruning: swollen bud, green tip, sprouting, flowering, fruiting, fruits with 50% of the final size, fruits with 70% of the final size, fruits with 90% of the final size, beginning of the harvest and end of the harvest. For thermal sum the thermal sum or degrees-day (GD) was considered for the culture to complete each phenological phase. The number of accumulated cold hours (NHF) was also quantified. For the ripening curve, in 2018, 120 fruits were marked on six plants in the orchard. Weekly, two months after pruning and application of hydrogenated cyanamide (WAC), the transversal (DT) and longitudinal diameter of the fruit (DL) in the field were evaluated. From the 18th to the 31st week after the application of hydrogenated cyanamide, nine fruits were analyzed weekly being measured the color of the pulp and skin, external and pulp firmness (FIR), fresh mass, soluble solids content (SS), titratable acidity (AT), pH and Maturation Index. In hot years and with late pruning, plants sprouted more quickly. 'Pomelo' has adapted better to the local climate. The interval between sprouting and flowering in tropical conditions was shorter than that observed by other authors in milder climates. Annual climatic variations caused differences in the growth rates of the transverse diameter of the fruits. 'Pomelo', 'Giombo' and 'Rama Forte' reached the point of harvest with less thermal need compared to other published works. 'Rama Forte' and 'Giombo' did not show a pattern of thermal demand between the years. At least 400 hours below 14 ° C met the demand in cold hours of the persimmon tree. Fruit growth was faster until the 14th WAC. Between the 15th and the 20th WAC there was a reduction in the growth rate, and after the 22nd WAC the fruits started to have a more expressive growth. 'Pomelo' had bigger and heavier fruits. The epidermis of the fruits changed from green when immature to intense red when ripe. In three weeks, the external FIR went from 81 N to 5 N. The peak in the SS content of the fruits of 'Pomelo' and 'Rama Forte' was at the 26th SAC, and 'Giombo' at the 29th SAC. Under tropical savanna conditions, it is recommended that the best time to harvest the fruits of the cultivars is about three weeks before full maturity.

Keywords: *Diospyros kaki*, thermal sum, maturation stage, growth.

---

<sup>3</sup>Adviser: Prof. Dr. Alexander Seleguini, EA-UFG. Co-advisers: Prof. Dr. Luís Carlos Cunha Júnior, EA -UFG. Prof. Dr. André José de Campos, UEG

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O caquizeiro comum (*Diospyros kaki* Thunb.) é uma planta originária da Ásia, especificamente da China, sendo uma das principais frutíferas cultivadas no Leste Asiático (Kanzaki, 2007; Woolf & Ben-Arie, 2011; Yamada et al., 2012; Martínez-Calvo et al., 2012; Lorenzi et al., 2015; Maeda et al., 2018; Nishiyama et al., 2018). A produção mundial expandiu desde de 1995, chegando em 2018 a 5,2 milhões de toneladas, cinco vezes mais o obtido há 30 anos (FAO, 2018). China, Japão e Coréia do Sul são atualmente os principais produtores mundiais de caqui (FAO, 2018).

A adaptação do caquizeiro a diferentes ambientes e sua rusticidade podem explicar a expansão da cultura nos últimos anos. Apesar da origem subtropical, a planta desenvolve-se bem em diferentes locais de clima quente, como em regiões do Brasil, Espanha, Itália e Israel (George et al., 2005; Malagón, 2015; FAOSTAT, 2019; Rauf et al. 2017; Kluge & Tessmer, 2018; Yesiloglu et al., 2018). Nestes países a produção de frutos atende as demandas locais e o excedente tem se tornado produto de exportação (Yesiloglu et al., 2018). No Brasil, a cultura já demonstrou adaptação para locais de clima quente, como no semiárido brasileiro (Lopes et al., 2014).

Os frutos são bastante apreciados graças a suas qualidades, como o sabor doce (10 a 22 °Brix), baixa acidez, aroma e aparência agradáveis (Martins & Pereira, 1989; Ramin & Tabatabaie, 2003; Veberic et al., 2010; Baltacioglu & Artik, 2013; Lorenzi et al., 2015, Curi et al., 2017). São altamente nutritivos, ricos em vitaminas A, E, B1, B2 e C, fibras e antioxidantes (Suzuki et al., 2005; Kanzaki, 2007; George & Redpath, 2008; Del Bubba et al., 2009; Veberic et al., 2010; Woolf & Ben-Arie, 2011; Nugraheri & Rahmawati, 2013; Jiménez-Sánchez et al. 2015; El-Hawary et al., 2019). Apresentam comportamento climatérico, coloração amarelo a alaranjado quando imaturos e, no ponto de consumo, adquirem tons avermelhados. Amadurecem no outono, tem a polpa suculenta, de cor amarelo a avermelhada até marrom, e com ou sem tanino. (Veberic et al. 2010; Woolf & Ben-Arie, 2011; Lorenzi et al., 2015). O período de colheita é relativamente curto, não se estendendo a mais de três meses, ao final do verão e início do outono em regiões tropicais, e, ao final do outono e início do inverno, em regiões subtropicais (Danieli et al., 2002; Lucas-González et al., 2018).

Em países tradicionalmente produtores como Japão, China e Espanha, o conhecimento sobre o caquizeiro e seu manejo é consolidado. No Brasil a maior parte dos trabalhos objetiva a caracterização dos frutos e seu manejo em pós-colheita sendo poucos os trabalhos que abordam o comportamento fenológico da planta (Grellmann et al., 2003; Corsato, 2004; Bezerra, 2007; Razzouk, 2007; Campos, 2014; Docema, 2016; Silva et al., 2016), especialmente em condições de clima tropical e ao longo de vários anos.

A Fenologia é o ramo da ecologia que estuda os eventos periódicos que ocorrem no ciclo de vida de uma planta e como estes se relacionam com o ambiente e as variações climáticas anuais e estacionais (Lieth, 2013; Schwartz, 2013; Kuo, 2017). Conhecer as etapas fenológicas de uma planta e a influência do clima sobre a mesma possibilita agricultores e pesquisadores a manejar, estudar e produzir adequadamente, especialmente frutíferas de origem em clima temperado e subtropical (Chao et al., 2007; Albuquerque et al., 2008).

Conhecer a fenologia do caquizeiro em condições de savana tropical brasileira (cerrado) permitirá expandir a produção da cultura e servir de base para o desenvolvimento de novos estudos e tecnologias para a cultura. Assim, objetivou-se com esta pesquisa identificar ao longo de quatro ciclos produtivos o comportamento fenológico de plantas de três cultivares de caquizeiro comum, além de caracterizar a maturação dos frutos colhidos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PRODUÇÃO DE CAQUI

Originada da Ásia, especificamente da China, o caquizeiro comum (*Diospyros kaki* Thunb.) é uma das principais frutíferas cultivadas no Leste Asiático (Kanzaki, 2007; Woolf & Ben-Arie, 2011; Yamada et al., 2012; Martínez-Calvo et al., 2012; Lorenzi et al., 2015; Maeda et al., 2018; Nishiyama et al., 2018). A partir de 1995 houve expansão na produção mundial, atingindo em 2018, um total de cerca de 5,2 milhões de toneladas, valor cinco vezes maior ao obtido há 30 anos (FAOSTAT, 2019). China, Espanha e Coréia do Sul são atualmente os principais produtores mundiais de caqui (FAOSTAT, 2019) responsáveis por 86,94% da produção mundial, sendo a China isoladamente representando 73,31% do total.

O melhoramento genético tem desenvolvido cultivares cada vez mais adaptadas a locais de clima mais quente, especialmente com menores demandas em horas de frio, em comparação com outras cultivares de caqui e de outras espécies frutíferas, como a macieira (*Malus domestica*) e o pessegueiro (*Prunus persica*) (George et al., 2005; Yamada et al., 2012; Malagón, 2015; Rauf et al. 2017; Kluge & Tessmer, 2018; Yesiloglu et al., 2018). Essa adaptação a diferentes ambientes e sua rusticidade podem explicar a expansão da cultura nos últimos anos. Em regiões com maiores temperaturas, como o Brasil, a produção de frutos visa atender as demandas locais e o excedente se torna produto de exportação (Yesiloglu et al., 2018).

No Brasil a caquicultura ganhou importância econômica em 1920 com a chegada de imigrantes japoneses que trouxeram novas cultivares e técnicas de cultivo (Martins & Pereira, 1989; Simão, 1998; Neuwald et al., 2008; Lorenzi et al., 2015; Yesiloglu et al., 2018). A produção brasileira da fruta se expandiu e chegou em 2017 a um total de 180.800 toneladas em uma área de 8.061 hectares (Fagundes et al., 2006; Pereira & Kavati, 2011; IBGE, 2017; Intrigliolo et al., 2018). Neste ano a produção do estado de São Paulo respondeu por mais de 55% da produção nacional, seguido por Rio Grande do Sul e Minas Gerais, com 19% e 8,5%, respectivamente, e as cultivares mais importantes no país são

Fuyu’, ‘Rama Forte’, ‘Giombo’ e ‘Taubaté’ (Neuwald et al., 2008; Pereira & Kavati, 2011; Tessmer et al., 2014; Lorenzi et al., 2015; IBGE, 2017; Yesiloglu et al., 2018).

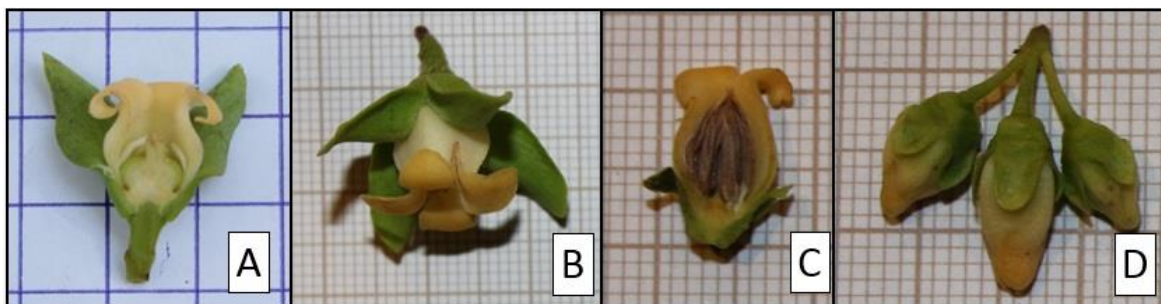
## 2.2 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DOS FRUTOS

O caquizeiro pertence à família Ebenaceae e ao gênero *Diospyros*, juntamente com mais de 700 espécies dentro do mesmo gênero (Woolf & Ben-Arie, 2011; Yamada et al., 2012; Lorenzi et al., 2015; Rauf et al., 2017; Kluge & Tessmer, 2018; Yesiloglu et al., 2018). A planta é uma árvore de hábito caducifólio que pode chegar até os doze metros de altura, mas em cultivos comerciais não ultrapassa os cinco metros (Lorenzi et al., 2015; Malagón, 2015; Kluge & Tessmer, 2018). É altamente produtiva e rústica, tolerando até -18°C quando dormente, porém temperaturas inferiores a -3,3°C, durante o crescimento vegetativo, podem suprimir folhas (Danieli et al., 2002; Woolf & Ben-Arie, 2011; Yesiloglu et al., 2018).

As folhas são simples, alternadas, com aspecto coriáceo, lustrosas na face superior e verde-aveludadas na inferior, de 8 a 25 cm de comprimento, e podem adquirir coloração avermelhada no outono (Woolf & Ben-Arie, 2011; Lorenzi et al., 2015; Rauf et al., 2017). Juntamente com frutos, cascas e raízes, as folhas são amplamente empregadas na medicina tradicional chinesa (Kanzaki, 2007; George & Redpath, 2008; Rauf et al., 2017).

Segundo Yonemori et al. (1993) as cultivares de caqui podem apresentar três diferentes expressões sexuais: i) dioico feminino (planta produz somente flores pistiladas); ii) monoico (plantas produzem flores pistiladas e estaminadas) e iii) poligamomonóico (flores hermafroditas, pistiladas e estaminadas emitidas na mesma planta). Agronomicamente a maioria das cultivares é dioica feminina (Yonemori et al., 1993; Lorenzi et al., 2015; Kluge & Tessmer, 2018), por conta de sucessivos programas de melhoramento (Yamada et al., 2012).

As flores são originadas de gemas reprodutivas e são emitidas nas axilas foliares de ramos novos. Flores femininas são solitárias e maiores que as masculinas (Figura 2.1 A e B). As flores masculinas se organizam em cimeira simples (Figura 2.1C e 2.1D), normalmente com três flores, sendo a central uma flor hermafrodita (Yakushiji & Nakatsuka, 2007; Tetsumura et al., 2009; Lorenzi et al., 2015; Rauf et al., 2017).



**Figura 2.1** Flor feminina de caquizeiro ‘Rama Forte’ em corte longitudinal (A); flor feminina de caquizeiro ‘Giombo’ em antese (B); flor masculina de caquizeiro ‘Pomelo’ em corte longitudinal (C); e cimeira de flores de caquizeiro ‘Pomelo’ (D). Fonte: Lucas M. Nascimento.

A maior parte das cultivares apresenta potencial partenocárpico originando frutos sem sementes, porém estes tendem a ser um pouco menor e mais tardios que os frutos com sementes (Woolf & Ben-Arie, 2011; Wang et al., 2018). Quando presente, a semente é grande, de formato elíptico e coloração marrom quando fisiologicamente maduras (Woolf & Ben-Arie, 2011).

O fruto é uma baga multiloculada, indeiscente, de formato variado conforme a cultivar, com massa entre 50 e 300 gramas (Woolf & Ben-Arie, 2011; Yamada et al., 2012; Rauf et al. 2017). Apresenta comportamento climatérico, quando imaturos são externamente de coloração amarelo a alaranjado e, no ponto de consumo, adquirem tons avermelhados. Os frutos amadurecem entre o verão e o início do inverno, conforme a cultivar, tem a polpa suculenta, de cor amarelo-avermelhada até marrom (conhecido como ‘chocolate’) e de sabor doce com ou sem tanino (Veberic et al. 2010; Woolf & Ben-Arie, 2011; Yamada et al., 2012; Lorenzi et al., 2015).

Os frutos são bastante apreciados em diversos países graças a suas qualidades de sabor (doce e de baixa acidez), aroma e aparência (Martins & Pereira, 1989; Ramin & Tabatabaie, 2003; Lorenzi et al., 2015, Curi et al., 2017). São altamente nutritivos, doces, ricos em vitaminas A, E, B1, B2 e C, potássio, cálcio, fósforo e zinco, fibras e antioxidantes (Suzuki et al., 2005; Kanzaki, 2007; George & Redpath, 2008; Del Bubba et al., 2009; Veberic et al., 2010; Woolf & Ben-Arie, 2011; Yamada et al., 2012; Nugraheri & Rahmawati, 2013; Jiménez-Sánchez et al., 2015; El-Hawary et al., 2019).

O conteúdo de açúcar da polpa é de cerca de 12,5 g 100 g<sup>-1</sup> de massa fresca, sendo composto por de 90% de glicose e frutose e o teor de sólidos solúveis varia conforme a cultivar, estando entre 10 e 22° Brix (Cristosto, 2004; Gonzalez et al., 2005; Del Bubba et al., 2009; Baltacioglu & Artik, 2013; Yamada et al., 2012; Smrke et al., 2019). Esse teor de

açúcar da polpa é maior do que o encontrado em maçãs, peras, laranjas e pêssegos (Smrke et al., 2019). A acidez do fruto é considerada baixa mesmo nos frutos imaturos, e os teores não mudam com o amadurecimento. O ácido málico é o mais predominante na polpa, seguido pelo ácido cítrico e o fumárico, e os valores de acidez titulável estão entre 0,16% e 0,23% (Senter et al., 1991; Veberic et al., 2010; González et al. 2015; Lucas-González et al., 2018).

Uma das características marcantes dos frutos do caqui é a presença de taninos solúveis na polpa de frutos imaturos de algumas cultivares, que ocasiona sabor adstringente ao paladar (Edagi & Kluge 2009; Gardin et al. 2012; Yamada et al., 2012). Como a maior parte da produção é destinada ao consumo *in natura*, cultivares adstringentes precisam de um tratamento de remoção deste tanino solúvel (destanização) antes do consumo (Kanzaki, 2007; Edagi & Kluge 2009; Woolf & Ben-Arie, 2011; Terra et al. 2014; Kluge & Tessmer, 2018; Lucas-González et al., 2018). A destanização é realizada com o objetivo de induzir o aumento da respiração anaeróbia dos frutos, que promoverá a polimerização das moléculas de tanino da polpa e as tornará insolúveis em água, ou seja, não hidrolisáveis (Edagi & Kluge, 2009; Varjão et al., 2017).

Existem diversos métodos de destanização, cada um com suas vantagens e desvantagens, podendo-se citar: a aplicação de etileno, o acondicionamento dos frutos em atmosferas anóxicas, a aplicação de vapor de álcool etílico e o uso de ácido acético no cálice do fruto (Edagi & Kluge, 2009; Yamada et al., 2012). O emprego de técnicas de remoção de adstringência dos frutos sem perdas de firmeza garante a qualidade dos frutos em pós-colheita por mais tempo, sendo considerado um dos fatores que contribuiu para a expansão da cultura (Yesiloglu et al., 2018).

O ponto de colheita comercial para a maioria das cultivares é quando os frutos adquirem a coloração da epiderme laranja-avermelhada (Martínez-Calvo et al., 2012; Lopes et al., 2014). Além disso, por serem frutos de baixa conservabilidade, nos países produtores como China, Coréia do Sul e Brasil, parte da produção é processada, especialmente via desidratação e fermentação (Danieli et al., 2002; Kanzaki, 2007; Woolf & Ben-Arie, 2011; Lucas-González et al., 2018)

### 2.3 CULTIVARES

As cultivares de caqui são classificadas em quatro grupos de acordo com a polinização, formação de semente e perda de adstringência na maturidade comercial. São elas: polinização constante e não-adstringente (PCNA); polinização variável e não-adstringente (PVNA); polinização variável e adstringente (PVA); e polinização constante e adstringente (PCA) (Hume, 1914, citado por Yamada et al., 2012; Martins & Pereira, 1989; Sugiura, 2005; Giordani et al., 2015; Milczarek et al., 2018; Nishiyama et al., 2018).

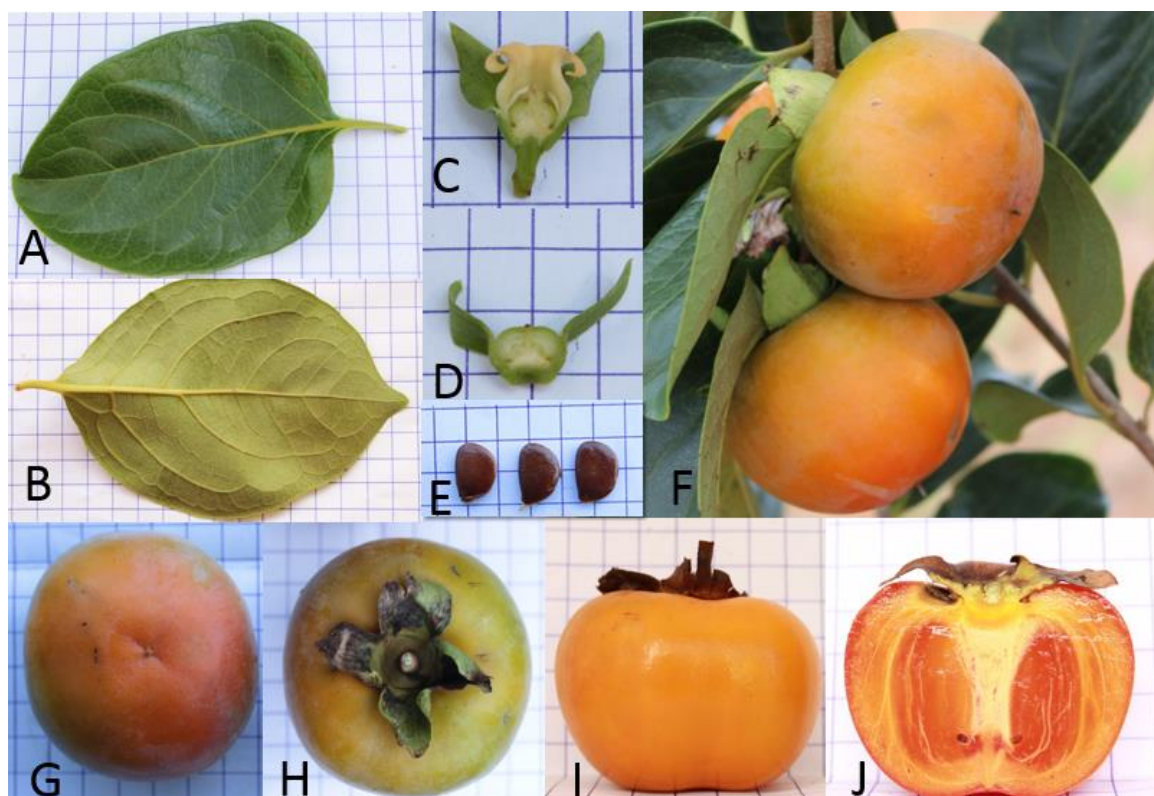
Nas cultivares de polinização variável (PV), a polpa é escura e rajada ao redor das sementes, mas, caso seja um fruto de origem partenocárpica (sem sementes), a polpa será totalmente alaranjada. Normalmente, se a polinização for incompleta e somente parte das sementes for formada, a polpa escurecerá somente ao redor destas e o restante da polpa permanecerá alaranjada. O grupo de PV inclui cultivares que podem ser adstringentes sem sementes (PVA), como ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’, assim como parcialmente ou totalmente não-adstringente quando possuem apenas uma ou poucas sementes (PVNA), como ‘Zenjamaru’, ‘Shogatsu’, ‘Nishimura Wase’ e ‘Mizushima’ (Martins & Pereira, 1989; Neuwald et al., 2008; Tessmer et al., 2014; Yesiloglu et al., 2018).

Os caquis de polinização constante (PC) não apresentarão alterações na coloração da polpa, independente da formação de sementes. Para as cultivares do tipo PCA, os frutos serão sempre taninosos e nunca escurecerão a polpa, seja com ou sem sementes, podendo-se citar as cultivares ‘Rojo Brillante’, ‘Hiratanenashi’, ‘Taubaté’, ‘Hachiya’, ‘Pomelo’ e ‘Rubi’ (Martins & Pereira, 1989; Neuwald et al., 2008; Tessmer et al., 2014; Yesiloglu et al., 2018). Quanto a cultivares do tipo PCNA, seus frutos nunca serão adstringentes, independente da presença de sementes, e com a polpa clara, inclusive quando apresentarem sementes, fazendo com que os frutos sejam comestíveis ainda firmes, como ‘Fuyu’, ‘Jiro’ e ‘Fuyuhana’ (Martins & Pereira, 1989; Neuwald et al., 2008; Tessmer et al., 2014).

Cultivares diferentes irão apresentar variações em diversos aspectos podendo-se citar, para as plantas: duração do ciclo produtivo, data do florescimento, época de maturação dos frutos e manejo; e para os frutos: formato, tamanho, cor externa e da polpa, conteúdo de sólidos solúveis, teor de acidez e firmeza (Martínez-Las Heras et al., 2016; Yesiloglu et al., 2018). Tais diferenças independem da classificação quanto ao grupo de polinização.

### 2.3.1 Rama Forte

A cultivar Rama Forte (Figura 2.2) pertencente ao grupo dos caquis de polinização variável e adstringentes (PVA), é uma das mais produzidas e consumidas no Brasil e sua produção apresentou expansão nas últimas décadas (Neuwald et al., 2008; Pereira & Kavate, 2011; Tessmer et al., 2014; Lorenzi et al., 2015). A planta apresenta alta produtividade, é bastante vigorosa, de porte semiereto e dioica feminina. As folhas são de formato elíptico com cerca de 12 cm de comprimento e 7,7 cm de largura (Martínez et al., 2017).



**Figura 2.2.** Folhas, flores e frutos de caquizeiro ‘Rama Forte’: superfície adaxial de folha madura (A); superfície abaxial de folha madura (B); flor em seção transversal com ovário a mostra (C); ovário no início do desenvolvimento em fruto (D); sementes (E); frutos aderidos ao ramo (F); parte inferior de um fruto próximo ao ponto de colheita (G); parte superior do fruto mostrando cálice persistente (H); fruto no ponto de colheita, em vista lateral (I); corte longitudinal de fruto maduro (J). Fonte: Lucas M. Nascimento.

Os frutos possuem tamanho médio, por volta de 130 g e cerca de 66 mm de diâmetro, o formato é globoso achatado, de seção transversal arredondada irregular e com alguns sulcos suaves (Martins & Pereira, 1989; Pio, 2003; Martínez et al., 2017). Na maturidade comercial a casca é avermelhada e a polpa alaranjada, de sabor agradável, com 18,00 a 22,00 °Brix e 0,095% de acidez (Martínez et al., 2017). No Brasil são colhidos no

outono, consumidos maduros e, por conta dos elevados níveis de taninos solúveis, precisam passar por um processo de destanização para se tornarem aptos ao consumo *in natura* (Martins & Pereira, 1989; Edagi & Kluge, 2009; Gardin et al., 2012).

### 2.3.2 Giombo

A cultivar Giombo (Figura 2.3), também do grupo dos caquis PVA (Ito, 1971; Blum et al., 2008), é uma cultivar tardia, apresentando período de colheita, em regiões tradicionalmente produtoras como São Paulo e Paraná, em maio (Blum et al., 2008; Monteiro, et al 2017). Por ser dioica feminina, seu cultivo normalmente é consorciado com outra cultivar polinizadora, uma vez que é consumido preferencialmente firme, sem adstringência e com a polpa ‘chocolate’ (Edagi & Kluge, 2009; Terra et al. 2014). Caso o objetivo seja a produção de frutos sem sementes, estes deverão estar bem maduros e serem destanizados para o consumo adequado (Razzouk, 2007; Lorenzi et al., 2015).



**Figura 2.3** Folhas, flores e frutos de caquizeiro ‘Giombo’: superfície adaxial de folha madura (A); superfície abaxial de folha madura (B); sementes (C); frutos aderidos ao ramo (D); parte inferior de um fruto próximo ao ponto de colheita (E); parte superior do fruto com cálice persistente (F); fruto no ponto de colheita em vista lateral (G); corte longitudinal de fruto maduro (H); Fonte: Lucas M. Nascimento.

Os frutos apresentam tamanho médio (55,0 a 65,0 mm.) e formato alongado, com diâmetro longitudinal maior que o transversal. A coloração externa é vermelho-alaranjada e a polpa de coloração variável, conforme polinização (Martins & Pereira, 1989; Cavalcante, 2007; Martínez-Calvo, 2012; Tessmer et al., 201; Curi et al., 2017; Nascimento et al., 2017).

## 2.4 FENOLOGIA

Fenologia é o estudo dos eventos periódicos que ocorrem no ciclo de vida de uma planta, como o florescimento de árvores durante a primavera, e como estes se relacionam com o ambiente e as variações climáticas anuais e estacionais (Lieth, 2013; Schwartz, 2013; Hänninen et al., 2019). Conhecimentos sobre a fenologia de uma planta e a influência do clima sobre seu comportamento possibilitam aos agricultores e pesquisadores manejar, estudar e produzir adequadamente, especialmente frutíferas de origem temperada e subtropical (Albuquerque et al., 2008). Acompanhar o desempenho fenológico de uma planta permite inclusive inferir sobre a sua sensibilidade às variações ambientais, assim como as climáticas (Chao et al., 2007).

Nos últimos anos tem-se notado sinais da influência de mudanças climáticas sobre a fenologia de diversas espécies (Kuo, 2017), tornando importante o conhecimento detalhado destes eventos. Mudanças na fenologia da planta impactam em suas exigências, na duração de seu ciclo de desenvolvimento e sua produtividade, além de exercerem influências diretas em pragas, predadores e polinizadores (Kameyama & Kudo, 2009). Normalmente, a similaridade fenológica decorre das características biológicas da espécie por si só, enquanto as diferenças fenológicas são provenientes de variações em relação ao ambiente (Kuo, 2017).

No Brasil já existem alguns trabalhos que abordam a fenologia do caqui em regiões tradicionalmente produtoras do país, como no Sul (Grellmann et al., 2003; Campos, 2014) e Sudeste (Corsato, 2004; Docema, 2016; Silva et al., 2016). A maior parte destes autores, no entanto, trabalha com dados sobre as fenofases em dias, enquanto que o preditor mais eficiente seria a soma térmica em graus-dia (Radünz et al., 2015; Salinas et al., 2019). Para a transição de uma fenofase para outra em seu ciclo de desenvolvimento, como da brotação ao florescimento, as plantas requerem unidades de calor específicas (Salinas et al., 2019). Tal conceito permite definir a época de poda da cultura e o início do ciclo de

desenvolvimento, de forma a garantir colheita de frutos na entressafra, aumentando o retorno econômico ao produtor (Segantini et al., 2014).

A escala fenológica do caquizeiro, foi detalhada por García-Carbonell et al. (2002) com base na escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie; Instituto Biológico Federal, Departamento Federal de Variedades e Indústria Química) de Meier (2001). A maioria dos trabalhos com fenologia do caquizeiro são baseados nesta publicação.

Algumas etapas como brotação e florescimento são sensíveis a condições climáticas (Grellmann et al., 2003). Normalmente o caqui tende a brotar no final do inverno (Grellmann et al., 2003; George et al., 2005), sendo esta brotação antecipada sob temperaturas mais elevadas (Grellmann et al., 2003; Razzouk, 2007).

O florescimento da cultura ocorre no início da primavera e dura entre oito e trinta dias (Grellmann et al., 2003; George et al., 2005). Clima, maturidade e variedade da planta podem alterar a data e duração da abertura das flores, sendo cultivares mais exigentes em frio, precoces sob condições de temperaturas mais frias (Chee & Mowat, 1993; Razzouk, 2007).

Diferenças climáticas irão afetar a frutificação e as taxas de crescimento dos frutos (Mowat et al., 1996), com temperaturas quentes acelerando as etapas de desenvolvimento e maturação dos frutos (Candir et al., 2009; Choi et al., 2013). O desenvolvimento dos frutos é representado por uma curva de segmento sigmoidal dupla (Shin et al., 1991; Kluge & Tessmer, 2018), iniciando no final da primavera, é estendido no verão por cerca de 100 a 130 dias e termina no outono (Candir et al., 2009; Intrigliolo et al., 2018).

A colheita dos frutos inicia no verão e não se estende por mais de três meses de duração (Besada & Salvador; 2018), até o início do outono. Temperaturas extremas, especialmente as mais quentes, afetam a alteração da coloração da casca dos frutos o que pode antecipar o período normal de colheita dos mesmos (Mochida & Itamura, 2007; Ben-Arie et al., 2008; Bignell et al., 2017).

## 2.5 CURVA DE MATURAÇÃO

O conhecimento das mudanças que ocorrem durante o amadurecimento de frutos de caqui é fundamental para se determinar o melhor momento para a colheita. Tal

informação torna-se base, inclusive, para estudos de pós-colheita (Novillo et al., 2016). Estas mudanças na maturação podem ser avaliadas por métodos físicos e químicos, servindo como parâmetros de monitoramento da maturidade (Blum et al., 2008).

Sabor, aroma, cor e textura são os atributos que mais sofrerão mudanças ao longo do amadurecimento (Agustí, 2000; Alférez, 2001). Para caquis, o ponto de colheita comercial é considerado visualmente, quanto o ápice do fruto passa a apresentar coloração de laranja ou avermelhado, conforme a cultivar, antes do restante do fruto (Lopes et al., 2014; Asakuma & Shiraishi, 2017), entretanto os frutos normalmente sofrem o processo de destanização antes de serem comercializados.

Ao atingir o ponto ideal para consumo *in natura* o fruto irá ter elevados teores de açúcar e carotenoides, enquanto que a acidez, firmeza e taninos solúveis tendem a reduzir, conferindo sabor e textura característicos ao caqui (Candir et al., 2009). Estes atributos sensoriais relacionam-se diretamente com a aceitação do mercado, o que irá influenciar o preço dos mesmos (Hegazy, 2018).

Mudanças físicas e químicas nos frutos podem ser causadas por diversas condições edafoclimáticas, incluindo a temperatura, radiação solar e precipitação (Goyal et al., 2007; Compésa & Vendrellb, 2017). Determinar o comportamento de maturação do fruto e o melhor momento da colheita torna-se então fundamental para planejar a comercialização, flexibilizar a distribuição e garantir a aceitação pelo consumidor (Kaur et al., 2018).

Estudos do comportamento de caquis ao longo do desenvolvimento em diversas regiões produtoras tradicionais já são consolidados (Zheng et al., 1990; Senter et al., 1991; Sugiura et al., 1991; Taira, 1996; Candir et al., 2009; Zhao et al., 2011; Silva et al., 2016; Yoo et al., 2019). Por outro lado, sob condição de savana tropical ainda faltam informações deste desenvolvimento dos frutos, bem como seu melhor ponto de colheita.

## 2.6 REFERÊNCIAS

AGUSTÍ, M. **Citricultura**. Mundi Prensa. Madrid. España. 2000.

ALBURQUERQUE, N.; GARCÍA-MONTIEL, F.; CARRILLO, A.; BURGOS, L. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. **Environmental and Experimental Botany**. v. 64, n. 2, p. 162-170, 2008.

ALFÉREZ, F. **Regulación hormonal de la maduración en frutos cítricos y su relación con alteraciones fisiológicas durante la postcosecha**. Tese - Doutorado. Valencia. España, 2001.

ASAKUMA, H.; SHIRAIISHI, M. Proposed descriptors for the evaluation of skin color, flesh firmness and juiciness, and sugar composition in Japanese persimmon breeding. **Euphytica**, v. 213, n.3, 2017.

BALTACIOĞLU, H.; ARTIK, N. Study of postharvest changes in the chemical composition of persimmon by HPLC. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 37, n. 5, p. 568-574, 2013.

BEN-ARIE, R.; ZILKAH, S.; KLEIN, I. AND GAMRASNI, D. Persimmon and environment: soil and water management for high quality fruit production. **Advances in Horticultural Science**, v. 22, n. 4, p. 286-293, 2008.

BESADA, C.; SALVADOR, A. Postharvest Biology and Technology of Persimmon. In **Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits**. Springer, Cham. p. 371-393, 2018.

BEZERRA, M. R. **Enxertia de mesa, estaquia e fenologia do caquizeiro em regiões tropicais**. 79 p. Dissertação (Mestre em Agronomia – Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2007.

BIGNELL, G.; BRUUN D.; OAG, D.; GEORGE, A.; NISSEN, B. **Persimmon postharvest manual**. Queensland Department Primary Industries and Fisheries. Segunda Edição – novembro 2017.

BLUM, J.; HOFFMANN, F. B.; AYUB, R. A.; JUNG, D. D. L.; & MALGARIM, M. B. Uso de cera na conservação pós-colheita do caqui cv. ‘Giombo’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p 830-833, 2008.

CAMPOS, S. S. D. **Fenologia, estudo da biologia floral, fertilidade do pólen e produção em cultivares de caquizeiro (*Diospyros kaki* L. e *Diospyros virginiana* L.)**. 65p. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Fevereiro, 2014.

CANDIR, E. E.; OZDEMIR, A. E.; KAPLANKIRAN, M.; & TOPLU, C. Physico-chemical changes during growth of persimmon fruits in the east Mediterranean region. **Scientia Horticulturae**, v. 121, p. 42–48, 2009.

CAVALCANTE I. H. L.; MARTINS A. B. G.; OLIVEIRA I. V. M.; BECKMANN M. Z. Características de frutos de cinco variedades de caqui madurados en la planta o en post cosecha. **R. Biol. Ciên. Ter.** v.7, n.2, 2007.

CHAO, W. C.; CHAO, K. J.; SONG, G. Z. M.; HSIEH, C. F. Species composition and structure of the lowland subtropical rainforest at Lanjenchi, Southern Taiwan. **Taiwania**, v. 52, n. 3, p. 253-269, 2007.

CHEE, A.; MOWAT, A. D. Variability in fruit quality of persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). In **Australasian Post Harvest Conference Proceedings**. pp. 41-44, 1993.

CHOI, S.T.; PARK, D.S.; SON, X.Y.; PARK, Y.O.; HONG, K.P.; CHO, K.S. Climate related changes in fruit growth of ‘Fuyu’ persimmon during the harvest season. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology** v.31, p.32-37, 2013.

COMPÉSA, R.; VENDRELLB, M. El “milagro” del caqui en Valencia. un caso de innovación abierta y colaborativa de liderazgo cooperativo. **Anais XI Congreso de la Asociación Española de Economía Agraria**. 294 p., 2017.

CORSATO, C. (2004). **Fenologia e carboidratos de reserva do caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) ‘Rama Forte’ em clima tropical**. 2004. 42 p. Tese (Doutorado em Horticultura) – Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

CRISOSTO, C.H. 2004. Persimmon. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. USDA Agri. Handbook No. 66. Draft-revised April 2004. Disponível em: <[www.ba.ars.usda.gov/hb66/](http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/)>. Acesso em 16 de jan. de 2020

CURI, P.A. N.; TAVARES, B. S.; ALMEIDA, A. B.; PIO, R.; PASQUAL, M.; PECHE, P. M; SOUZA, V. R. Characterization and influence of subtropical persimmon cultivars on juice and jelly characteristics. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 2, p. 1205-1220. Epub 15 de maio de 2017.

DANIELI, R.; GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; FERRI, V. C.; ROMBALDI, C. V. Efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservabilidade de caqui, Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24 n.1, p. 44-48, 2002.

DEL BUBBA, M.; GIORDANI, E.; PIPPUCCI, L.; CINCINELLI, A.; CHECCHINI, L.; GALVAN, P. Changes in tannins, ascorbic acid and sugar contents in astringent persimmons during on-tree growth and ripening and in response to different postharvest treatments. **J. Food Compos. Anal.** v. 22, p. 668-677, 2009.

DOCEMA, M. L. **Fixação de frutos de caqui, sua relação com o acúmulo de graus-dia e a aplicação de ácido giberélico**. 63 p. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

EDAGI F. K.; KLUGE R. A. Remoção de adstringência de caqui (*Diospyros kaki* L.): um enfoque bioquímico, fisiológico e tecnológico. **Ciência Rural** v. 39, p. 585-594, 2009.

EL-HAWARY, S. S.; TADROS, S. H.; ABDELMOHSEN, M. M.; MOHAMED, M. S.; EL SHEIKH, E.; NAZIF, N. M.; ELNASR, M. S. Phyto-and Bio-Chemical evaluation of *Diospyros kaki* L. cultivated in Egypt and its biological activities. **Brazilian Journal of Biology**, n. AHEAD, 2019.

FAGUNDES, A. F.; DABUL, A. N. G.; AYUB, R. A. Aminoethoxivinilglicina no controle do amadurecimento de frutos de caqui cv. Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p. 73-75, 2006.

FAOSTAT - **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION**. Item: Persimmons. Area: World; from 1994 to 2016 year. 2018. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em 25 janeiro de 2019.

GARCÍA-CARBONELL, S.; YAGÜE, B.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U.; AGUSTÍ, M. Phenological growth stages of the persimmon tree (*Diospyros kaki*). **Annals of Applied Biology**, v.141, n.1, p. 73-76, 2002.

GARDIN, J.P.P.; ARGENTA, L. C.; SOUZA, E. L. S.; ROMBALDI, C. V.; SOUZA, A. L. K. Qualidade de caqui 'Rama Forte' após armazenamento refrigerado, influenciada pelos tratamentos 1-Mcp E/Ou Co2. **Rev. Bras. Frutic.** v.34, p. 1043-1050, 2012.

GEORGE, A. P.; REDPATH, S. Health and medicinal benefits of persimmon fruit: A review. **Advances in Horticultural Science**, p. 244-249, 2008.

GEORGE, A.; NISSEN, B.; BROADLEY, R.; COLLINS, R.; RIGDEN, P.; JEFFERS, S.; ISAACSON, B.; LEDGER, S. **Sweet Persimmon Grower's Handbook**. Queensland Department Primary Industries and Fisheries Information Series qi05102, 2005.

GIORDANI, E.; PICARDI, E.; RADICE, S. **Morfología y fisiología**. En: El cultivo del caqui. BADENES, M. L.; INTRIGIOLO, D. S.; SALVADOR, A.; VICENT, A. (Eds.) Valencia: Generalitat Valenciana. p. 35-54, 2015.

GONZÁLEZ, E.; VEGARA, S.; MARTÍ, N.; VALERO, M.; SAURA, D. Physicochemical characterization of pure persimmon juice: nutritional quality and food acceptability. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 3, p. C532-C539, 2015.

GONZALEZ, A. F.; AYUB, R. A.; & WERLANG, C. Controle da maturação de frutos de caqui (*Diospyros kaki* L.) cv. Fuyu tratados com aminoethoxivinilglicina e armazenados a temperatura ambiente. **Rev. Bras. Agrocenc.**; Pelotas, 2005

GOYAL, R. K.; KINGSLY, A. R. P.; KUMAR, P. AND WALIA, H. Physical and mechanical properties of aonla fruits. **Journal of Food Engineering**. v. 82, n. 4, p. 595-599, 2007.

GRELLMANN, E. O.; SIMONETTO, P. R.; FIORAVANÇO, J. C. Comportamento fenológico e produtivo de cinco cultivares e uma seleção de caqui em Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1-2, p. 71-76, 2003.

HÄNNINEN, H.; KRAMER, K.; TANINO, K.; ZHANG, R.; WU, J.; & FU, Y. H. Experiments are necessary in process-based tree phenology modelling. **Trends in plant science**, v. 24, n. 3, p. 199-209, 2019.

HEGAZY, A. The effect of edible coating on the quality attributes and shelf life of persimmon fruit. **Curr. Sci. Int.**; v. 6, n. 4, p. 880-890, 2017. ISSN: 2077-4435, 2018

HUME, H. H. A kaki classification. **Journal of Heredity**. v. 5, p 400–406, 1914.

IBGE – **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA** - Produção Agrícola Municipal, 2017 (Caqui). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 2018-12-03.

INTRIGLIOLO, D. S.; VISCONTI, F.; BONET, L.; PARRA, M.; BESADA, C.; ABRISQUETA, I.; RUBIO J. S.; de PAZ, J. M. Persimmon (*Diospyros kaki*) trees responses to restrictions in water amount and quality. **Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment**, p. 149–177, 2018.

ITO, S. The persimmon. In: Hulme Ac (ed) The biochemistry of fruits and their products, vol 2. **Academic Press**, London, pp 281-301, 1971

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ C, LOZANO-SANCHEZ J, MARTIN, SAURA D; VALERO M. Characterization of polyphenols, sugars, and other polar compounds in persimmon juices produced under different technologies and their assessment in terms of compositional variations. **Food Chem**. v. 182, p. 282-291, 2015.

KAMEYAMA, Y.; & KUDO, G. Flowering phenology influences seed production and outcrossing rate in populations of an alpine snowbed shrub, *Phyllodoce aleutica*: effects of pollinators and self-incompatibility. **Annals of Botany** v. 103, p. 1385–1394, 2009.

KANZAKI S. **Genome mapping and molecular breeding in plants**. In: Kole C, editor. *Fruits and Nuts*. Berlin Heidelberg: Springer; p. 353-358, 2007.

KAUR, H.; SAWHNEY, B.K. & JAWANDHA, S.K. J. Evaluation of plum fruit maturity by image processing techniques. *Journal of Food Science and Technology*, **Food Sci. Technol.** v. 55, n. 8, p. 3008–3015, 2018.

KLUGE R. A; TESSMER M. A. Caqui — *Diospyros kaki*. in **Exotic Fruits Reference Guide** 1st Edition. Editors: RODRIGUES S.; SILVA E.; BRITO, E. de. p.113 – 118, 2018

KUO, C. C.; BAIN, A.; CHIU, Y. T.; HO, Y. C.; CHEN, W. H.; CHOU, L. S.; TZENG, H. Y. Topographic effect on the phenology of *Ficus pedunculosa* var. *mearnsii* (Mearns fig) in its northern boundary distribution, Taiwan. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 14699, 2017.

LIETH, H. (Ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Springer Science & Business Media. v.8, 2013.

LOPES P.R.C.; OLIVEIRA I.V.M.; OLIVEIRA J.E.M.; ASSIS J.S. (2014) **Cultivo do caqui no Vale do São Francisco**. Embrapa Semiárido. Circular Técnica, 107. 10 p. Petrolina.

LORENZI, H. J.; BACHER, L. B.; de LACERDA, M. T. C. (2015). **Frutas no Brasil: nativas e exóticas (de consumo in natura)**. Segunda edição, 2018.

- LUCAS-GONZÁLEZ, R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. Á.; VIUDA-MARTOS, M. Effect of particle size on phytochemical composition and antioxidant properties of two persimmon flours from *Diospyros kaki* Thunb. vars. 'Rojo Brillante' and 'Triumph' co-products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 2, p. 504-510, 2018.
- MAEDA, H.; AKAGI, T.; TAO, R. Quantitative characterization of fruit shape and its differentiation pattern in diverse persimmon (*Diospyros kaki*) cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 228, p. 41-48, 2018.
- MALAGON, C. J. **Diseño y manejo de la plantación del caqui**. El cultivo del caqui, BADENES, C. M. L.; INTRINGLIOLO, M. D.; SALVADOR P. A.; VICENT, C. A. Valencia : Generalitat Valenciana. ISBN:978-84-482-6018-7, 2015.
- MARTÍNEZ-CALVO, J.; BADENES, M. L.; LLÁCER, G. 2012 **Fichas Varietales Caqui Banco Germoplasma** Madrid : Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), 78 p.; il.; 2012.
- MARTÍNEZ, J.; MUÑOZ, F. G.; CLIMENT, J.; MERINO, M. N.; & BADENES, M. L. (2017). La colección de variedades de caqui del banco de germoplasma del IVIA. **Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal**, n. 286, p. 36-41, 2017.
- MARTINS, F.P.; PEREIRA, F.M. **Cultura do caquizeiro**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 71p.
- MEIER U. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. Berlin, Germany: German Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, BBCH-Monograph, Blackwell Science, 2001.
- MILCZAREK, R. R.; WOODS, R. D.; LAFOND, S. I.; BREKSA, A. P.; PREECE, J. E.; SMITH, J. L.; ... & VILCHES, A. M. Synthesis of descriptive sensory attributes and hedonic rankings of dried persimmon (*Diospyros kaki* sp.). **Food Science & Nutrition**, v. 6, n. 1, p. 124-136, 2018.
- MOCHIDA, K.; ITAMURA, H. Cause of pre-harvest fruit softening and comparison among early-ripening strains of Japanese persimmon 'Saijo'. **Hort. Res.** (Japan), v. 6, p. 97-103, 2007.
- MONTEIRO, M. F.; AGUILA, J. S. D.; PESSOA, C. D. O.; KLUGE, R. A. Vacuum packaging is efficient to remove astringency and to maintain the firmness of 'Giombo' persimmon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. SPE, 2017.
- MOWAT, A. D.; GEORGE, A. P.; COLLINS, R. Macro-climate effects on fruit development and maturity of nonastringent persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). **"Proceedings of the First International Persimmon Symposium"** ISHS, Chiang Mai City. (S. Subhadrabandhu, ed.), p. 195-202, 1996.
- ASCIMENTO, L. M.; GARCIA, L. G. C.; OGATA, T.; BRANDAO, D. C.; DE MELO E SILVA-NETO, C.; SELEGUINI, A. Physical and chemical characteristics and productivity

of persimmons (*Diospyros kaki* L.) cultivated in the Brazilian savannah. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n. 2, p. 234, 2017.

NEUWALD, D. A.; SAQUET, A. A.; SESTARI, I.; SAUTTER, C. K. Persimmon production and commercialization in Brazil: An Overview. **Anais IV International Symposium on Persimmon** v. 833 p. 51-56, 2008.

NISHIYAMA, S.; ONOUE, N.; KONO, A.; SATO, A.; YONEMORI, K.; TAO, R. Characterization of a gene regulatory network underlying astringency loss in persimmon fruit. **Planta**, v. 247, n.3, p. 733-743, 2018.

NOVILLO, P.; SALVADOR, A.; CRISOSTO, C.; BESADA, C. (2016). Influence of persimmon astringency type on physico-chemical changes from the green stage to commercial harvest. **Scientia Horticulturae**, 206, 7–14, 2016.

NUGRAHERI, M.; RAHMAWATI, F. Potencial of *Diospyros kaki* baverage as sources of natural antioxidant. **Pakistan J. Nutrition**. v. 12, p. 620-627, 2013.

PEREIRA, F. M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Rev. Bras. Frutic.** v. 33, p. 92-108, 2011

PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; **A cultura do caqui**. Piracicaba: ESALQ– Divisão de Biblioteca e Documentação, 2003. 35p. (Série Produtor Rural, nº23).

RADÜNZ, A. L.; SCHÖFFEL, E. R.; BORGES, C. T.; MALGARIM, M. B.; PÖTTER, G. H. Necessidades térmicas de videiras na região da Campanha do Rio Grande do Sul-Brasil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, 2015.

RAMIN A. A.; TABATABAIE F. Effect of Various Maturity Stages at Harvest on Storability of Persimmon Fruits (*Diospyros kaki* L.). **J. Agric. Sci. Technol.** v. 5, p. 113-123, 2003.

RAUF, A.; UDDIN, G.; PATEL, S.; KHAN, A.; HALIM, S. A.; BAWAZEER, S.; MUBARAK, M. S.. *Diospyros*, an under-utilized, multi-purpose plant genus: A review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 91, p. 714-730, 2017.

RAZZOUK, P. L. G. **Avaliação fenológica de variedades de caqui *Diospyros kaki* L. e propagação por estaquia em regiões tropicais**. 2007. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho”, Ilha Solteira, 2007.

SALINAS, I.; HUESO, J. J.; CUEVAS, J. Fruit growth model, thermal requirements and fruit size determinants in papaya cultivars grown under subtropical conditions. **Scientia Horticulturae**, n. 246, p. 1022–1027, 2019.

SCHWARTZ, M. D. **Phenology: an integrative environmental science**. Segunda edição, Springer, 2013.

SEGANTINI, D. M.; LEONEL, S.; CUNHA, A. R. DA; FERRAZ, R. A.; RIPARDO, A.K. DA S. Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 36, n. 3, p. 568-575, 2014.

SENER S. D.; CHAPMAN, G. W.; FORBUS, J. W. R.; PAYNE, J. A.; Sugar and nonvolatile acid composition of persimmons during maturation. **Journal of Food Science**, 56, 989 – 991, 1991.

SILVA, M. J. R.; FERREIRA, T. E.; DOMICIANO, S.; PAIVA, A. P. M.; TECCHIO, M. A.; LEONEL, S. Phenology, yield and fruit quality of four persimmon (*Diospyros kaki* L.) cultivars in Sao Paulo's Midwest countryside, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 52, p. 5171-5177, 2016.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 760 p.;1998.

SHIN, S-R.; SONG J-H.; KIM, S-D.; KIM K-S. 'Changes in the cell structure during maturation and postharvest of persimmon fruits'. **Journal Korean Agricultural Chemistry Society**. v. 34 p. 32 – 37, 1991.

SMRKE, T.; PERSIC, M.; VEBERIC, R.; SIRCELJ, H.; & JAKOPIC, J. (2019). Influence of reflective foil on persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit peel colour and selected bioactive compounds. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2019.

SUGIURA, A.; ZHENG, G.H.; YONEMORI, K. Growth and ripening of persimmon fruit at controlled temperatures during growth stage III. **HortScience**. n. 26, p. 574–576, 1991.

SUZUKI, T.; SOMEYA, S.; HU, F.; TANOKURA, M. Comparative study of catechin compositions in five Japanese persimmons (*Diospyros kaki*). **Food Chemistry**. v. 93, p. 149 – 152, 2005.

TAIRA, S. **Astringency in persimmon**. In: Linskens, H.F., Jackson, J.F. (Eds.), *Modern Methods of Plant Analysis*, Vol. 18. Fruit Analysis, Springer-Verlag, Berlin, pp. 97–110, 1996.

TERRA, F. A. M.; EDAGI, F. K.; SASAKI, F. F. C.; FRASSETTO FILHO, M. E.; SILVA M. M.; Aplicação do 1-metilciclopropeno e sua influência no processo de remoção da adstringência com etanol em caqui 'Giombo' refrigerado. **Ciênc. Rural** v. 44, p 210-216. 2014.

TESSMER, M. A.; KLUGE, R. A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. The accumulation of tannins during the development of 'Giombo' and 'Fuyu' persimmon fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 172, p. 292-299, 2014.

TESSMER, M. A.; BESADA, C.; HERNANDO, I.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; QUILES, A.; & SALVADOR, A. Microstructural changes while persimmon fruits mature and ripen. Comparison between astringent and non-astringent cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 120, p. 52-60, 2016.

TETSUMURA, T.; GIORDANI, E.; & TAO, R. Persimmon (Kaki). **Compendium of Transgenic Crop Plants**, p. 235-258, 2009.

VARJÃO, L. L.; FERREIRA, M.; MOURA, N.; SANTOS, T.; de ALBUQUERQUE, J. G.; LOPES, P.; & de FREITAS, S. T. Uso de embalagem a vácuo para remoção da adstringência de caquis 'Rama Forte'. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2.; 2017, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017.

VEBERIC, R.; JURHAR, J.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; STAMPAR, F.; SCHMITZER, V. Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.), **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 477-483, 2010.

WANG, L.; LI, H.; SUN, P.; FU, J.; SUO, Y.; ZHANG, J.; WEIJUAN, H.; SONGFENG D.; FANGDONG L.; MAI, Y. Genetic diversity among wild androecious germplasm of *Diospyros kaki* in China based on SSR markers. **Scientia Horticulturae**, 242, 1-9, 2018.

WOOLF, A. B.; BEN-ARIE, R. (2011). Persimmon (*Diospyros kaki* L.). **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**, p. 166–194.

YAKUSHIJI, H.; & NAKATSUKA, A. Recent persimmon research in Japan. **Jpn. J. Plant Sci**, v. 1, n. 2, p. 42-62, 2007.

YAMADA, M.; GIORDANI, E.; YONEMORI, K. **Persimmon**. In: Fruit Breeding. Badenes, M. L., & Byrne, D. H. (Eds.). Springer, Boston, MA, 2012. p. 663-693.

YESILOGLU, T.; CIMEN, B.; INCESU, M.; YILMAZ, B. Genetic Diversity and Breeding of Persimmon. In. **Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops**. IntechOpen. 2018

YONEMORI, K.; SUGIURA, A.; TANAKA, K.; & KAMEDA, K. (1993). Floral ontogeny and sex determination in monoecious-type persimmons. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 118, n. 2, p. 293-297, 1993.

YOO, S. K., KIM, J. M., PARK, S. K., KANG, J. Y., HAN, H. J., PARK, H. W., Heo, H. J. Chemical compositions of different cultivars of astringent persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) and the effects of maturity. **Korean Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 3, p. 248-257, 2019.

ZHAO, D.; ZHOU, C.; TAO, J. Carotenoid accumulation and carotenogenic genes expression during two types of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.) development. **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 29, n. 3, p. 646-654, 2011.

### 3. FENOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS DE TRÊS CULTIVARES DE CAQUIZEIRO EM SAVANA TROPICAL

### 3. PHENOLOGY AND DEVELOPMENT OF FRUITS OF THREE PERSIMMON CULTIVARS TROPICAL SAVANNAH

**Resumo**-Mudanças climáticas tendem a provocar alterações no comportamento fenológico em plantas, impactando diretamente no desenvolvimento e modificando a duração destas etapas, o que influenciará diretamente no manejo e sazonalidade de colheita de frutos. Buscou-se conhecer o comportamento fenológico e o desenvolvimento físico dos frutos de três cultivares de caqui comum conduzidas no Centro-Oeste Brasileiro. As plantas estavam em pomar experimental no município de Anápolis, estado de Goiás. As avaliações fenológicas foram realizadas durante quatro ciclos subsequentes, de agosto de 2014 a junho de 2018 em intervalos de cinco dias durante o período vegetativo e reprodutivo das plantas. As fases fenológicas observadas no experimento foram contabilizadas em dias após a poda de produção e foram as seguintes: gema inchada, ponta verde, brotação, florescimento, frutificação, frutos com 50% do tamanho final, frutos com 70 % do tamanho final, frutos com 90% do tamanho final, início da colheita e final da colheita. Também foi tomado semanalmente o diâmetro transversal dos frutos, com o auxílio de um paquímetro, visando conhecer o seu desenvolvimento ao longo do tempo. Conclui-se que em anos quentes e com podas mais tardias, as plantas brotam mais rapidamente. ‘Pomelo’ tem melhor adaptação a temperaturas mais altas da região, em comparação com ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’. Em condição tropical é menor o intervalo entre a brotação e o florescimento. Variações climáticas anuais provocaram diferenças nas taxas de crescimento do diâmetro transversal dos frutos. Frutos de ‘Pomelo’ apresentam maiores valores de diâmetro transversal, seguidos por ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’.

Palavras-chave: *Diospyros kaki*; estágio fenológico, clima tropical

**Abstract** - Climatic changes tend to cause changes in the phenological behavior in plants, directly impacting the development and modifying the duration of these stages, which will directly influence the management, growth and seasonality of the plants and their fruits. It was sought to know the phenological behavior and the physical development of the fruits of three common persimmon cultivars conducted in the Midwest of Brazil. The plants were in an experimental orchard at Emater - GO in the municipality of Anápolis, state of Goiás. Phenological evaluations were carried out during four subsequent cycles, from August 2014 to June 2018 at five-day intervals during the vegetative and reproductive period of the plants. The phenological phases observed in the experiment were counted in days after production pruning and were as follows: swollen bud, green tip, sprouting, flowering, fruiting, fruits with 50% of the final size, fruits with 70% of the final size, fruits with 90% of the final size, Beginning of the harvest and end of the harvest. The transverse diameter of the fruits was also taken weekly, with the aid of a pachymeter, in order to know their development over time. It is concluded that in hot years and with later pruning, the plants sprouted more

quickly. ‘Pomelo’ had better adaptation to warmer temperatures compared to the other cultivars evaluated. The interval between sprouting and flowering in tropical conditions was shorter than that observed by other authors in milder to temperate climates. Annual climatic variations caused differences in the growth rates of the transverse diameter of the fruits. The fruits of cultivar Pomelo showed the highest values of transversal diameter, followed by ‘Rama Forte’ and ‘Giombo’.

Keywords: *Diospyros kaki*; phenological stage, tropical climate

### 3.1 INTRODUÇÃO

A produção global de caquis aumentou mais de cinco vezes em trinta anos, chegando em 2017, a 5.750.368 toneladas em 1.074.793 hectares (FAO, 2018; Yesiloglu et al., 2018). Coréia do Sul, Espanha, Azerbaijão e Brasil foram os países que mais incrementaram sua produção nos últimos anos, tornando-se autossuficientes em produção e potenciais exportadores da fruta, atualmente liderada pela China (FAO, 2018; Intrigliolo et al., 2018; Yesiloglu et al., 2018).

A produção brasileira de caqui se expandiu e atingiu, em 2017, 180.800 toneladas em uma área de 8.061 hectares. O Estado de São Paulo respondeu por mais de 55% da produção nacional, seguido por Rio Grande do Sul e Minas Gerais, com 19% e 8,5% respectivamente (IBGE, 2017). A tendência é que a expansão continue nos próximos anos, desde que problemas relacionados à comercialização dos frutos, como: sazonalidade da produção, destanização dos frutos e deficiências no armazenamento sejam solucionados (Danieli et al., 2002; Fagundes et al., 2006; Yakushiji, & Nakatsuka, 2007; Valentini et al., 2009; Martínez-Las Heras et al., 2015; Curi et al., 2017; Besada & Salvador, 2018; Yesiloglu et al., 2018).

As cultivares mais produzidas e comercializadas no mercado nacional são ‘Rama Forte’, ‘Giombo’ e ‘Fuyu’, mas o país ainda produz outras variedades como ‘Taubaté’, ‘Pomelo’ e ‘Fuyuhana’ (Neuwald et al., 2008; Pereira & Kavati, 2011; Tessmer et al., 2014; Yesiloglu et al., 2018). Mesmo com a produção nacional expressiva, há carência em pesquisas para se conhecer a adaptação dessas cultivares a novas áreas de cultivo e até mesmo ausência de programas de melhoramento para a espécie no país.

A fenologia estuda os eventos periódicos do ciclo de vida das plantas, e como estes eventos se relacionam com o clima, o ambiente e suas variações sazonais (Lieth, 2013; Schwartz, 2013). O conhecimento do comportamento fenológico das espécies cultivadas bem como o ambiente, possibilita ao produtor alcançar produção satisfatória e adequar os

tratos culturais (Fennell, 1999; Valentini et al., 2001). Alterações fenológicas em plantas impactam diretamente no desenvolvimento, crescimento e dormência, modificando a duração destas etapas e os caracteres morfológicos e organolépticos dos frutos (Menzel & Fabian, 1999; Matsumoto et al., 2003; Kameyama & Kudo, 2009; Choi et al., 2013; Compésa & Vendrellb, 2017).

Mudanças climáticas têm alterado o tempo de alguns eventos de primavera e outono, resultando em períodos de crescimento e produção mais longos (Matsumoto et al., 2003; Menzel & Fabian, 1999). Como o cultivo do caquizeiro tem se expandido para regiões de clima predominantemente tropical e por ocorrência das mudanças climáticas observadas, avaliações fenológicas tornaram-se um componente substancial em estudos ambientais, permitindo a definição do manejo a ser adotado e evidenciando a ação antropogênica sobre o clima (Guo et al., 2013; Kuo, 2017). Diante do exposto buscou-se conhecer o comportamento fenológico e o desenvolvimento físico dos frutos de três cultivares de caquizeiro comum conduzidas em região tropical do Centro-Oeste Brasileiro.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas plantas de três cultivares de caquizeiro comum (*Diospyros kaki* Thunb.) mantidas em pomar experimental na Estação Experimental Rural de Anápolis pertencente à Emater-Goiás, no município de Anápolis, estado de Goiás, Centro-Oeste brasileiro (16°20'34'' S, 48°52'29'' O). A altitude do local é de 1012 metros, acima do nível do mar. Segundo classificação de Köppen-Geiger (Cardoso et al., 2014) o clima é do tipo Aw, tropical com estação chuvosa de outubro a abril e seca entre maio a setembro. As temperaturas médias no município, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET), variam entre média mínima de 18°C e média máxima de 27°C. A média anual de precipitação é de 1800 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso e julho o mais seco.

Dados meteorológicos foram tomados diariamente pela estação meteorológica de Anápolis, vinculada ao Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO, situada a uma altitude de 1136 m acima do nível do mar, nas coordenadas de 16° 37'90'' S, 48°94'57'' O, a aproximadamente 8,5 km de distância do pomar. Foram considerados mensalmente a precipitação pluviométrica acumulada (mm), as médias de umidade relativa máxima, média e mínima (%UR), a velocidade média do vento ( $m s^{-1}$ ), a temperatura máxima, média e mínima (°C), e a radiação solar acumulada ( $MJ m^{-2}$ )

As mudas dos três cultivares de caquizeiro, ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’, do grupo PVA e ‘Pomelo’, do grupo PCA, enxertadas sobre caqui comum, foram plantadas em 2002 no espaçamento 7 por 5 m, o equivalente a 285 plantas ha<sup>-1</sup>. Para o censo fenológico, selecionou-se visualmente sete plantas de cada cultivar, de aparência uniforme quanto ao porte e sanidade, totalizando 21 plantas. As avaliações fenológicas foram realizadas durante quatro ciclos subsequentes, de agosto de 2014 a junho de 2018 em intervalos de cinco dias durante o período vegetativo e reprodutivo das plantas. Durante a senescência de folhas e dormência das plantas não foram feitas avaliações fenológicas. Para a avaliação fenológica foram marcados aleatoriamente vinte ramos do ano, sadios e similares, por planta, totalizando 140 ramos por cultivar ao ano. Em cada ramo foi considerada a mudança de estágio fenológico quando constatado 50% de desenvolvimento das características do estágio fenológico correspondente.

As fases fenológicas observadas no experimento foram contabilizadas em dias após a poda de produção e foram as seguintes: gema inchada, ponta verde, brotação, florescimento, frutificação, frutos com 50% do tamanho final, frutos com 70 % do tamanho final, frutos com 90% do tamanho final, início da colheita e final da colheita. As fases definidas foram baseadas no modelo proposto por García-Carbonell et al. (2002).

O estágio de gema inchada (GE) foi caracterizado pelo intumescimento das gemas do ramo, expondo uma pilosidade dourada na região apical. O estágio de ponta verde (PV) ocorreu com o início do aparecimento do broto, momento em que as gemas adquiriam aspecto anguloso e coloração verde claro. A brotação (BR) foi considerada quando a gema estava com cerca de três centímetros de comprimento, tornando-se um broto alongado e já emitindo folhas novas. O florescimento (FL) foi considerado quando 50% ou mais dos botões florais estavam abertos (antese). A frutificação (FR) foi julgada quando constatado o secamento e queda da corola e os frutos se tornavam visíveis, com cerca de 20% do tamanho final.

A partir da frutificação foi acompanhado o aumento do tamanho dos frutos passando por 50% (F1), 70% (F2), até 90%(F3) do tamanho final. A colheita (CO) dos frutos foi feita quando estes perdiam a coloração verde e o ápice adquiria a tonalidade alaranjada-avermelhada, no ponto de colheita comercial. O último dia de colheita foi definido como final do ciclo de avaliação das plantas.

Além das avaliações visuais, o diâmetro transversal dos frutos foi tomado semanalmente, com o auxílio de um paquímetro, visando conhecer o seu desenvolvimento

ao longo do tempo. A distância no maior ponto na linha equatorial do fruto foi tomada como o diâmetro transversal (DT). Foi utilizado um paquímetro digital modelo Starfer, Digital Vernier Caliper IVEO-150 mm; e os valores foram expressos em milímetros (mm).

As plantas utilizadas no estudo receberam poda de produção próximo ao final do inverno de cada ano para as safras de 2014; 2015; 2016 e 2017 nas seguintes datas: 04/08/2014; 20/08/2015; 15/08/2016; 05/09/2017, respectivamente. Ao final da poda, no mesmo dia, foi aplicada a cianamida hidrogenada ( $\text{CH}_2\text{N}_2$ ; Dormex®) a 5% juntamente com óleo mineral (Assist® 0,3%) via calda de pulverização, como tratamento de uniformização de brotação. Até o início do período chuvoso de cada ano as plantas eram irrigadas duas vezes por semana por meio de microaspersores localizados na projeção da copa de cada planta. Outros tratos culturais como adubação, controle de vegetação espontânea, escoramento dos ramos e colheita foram realizados conforme Martins & Pereira (1989).

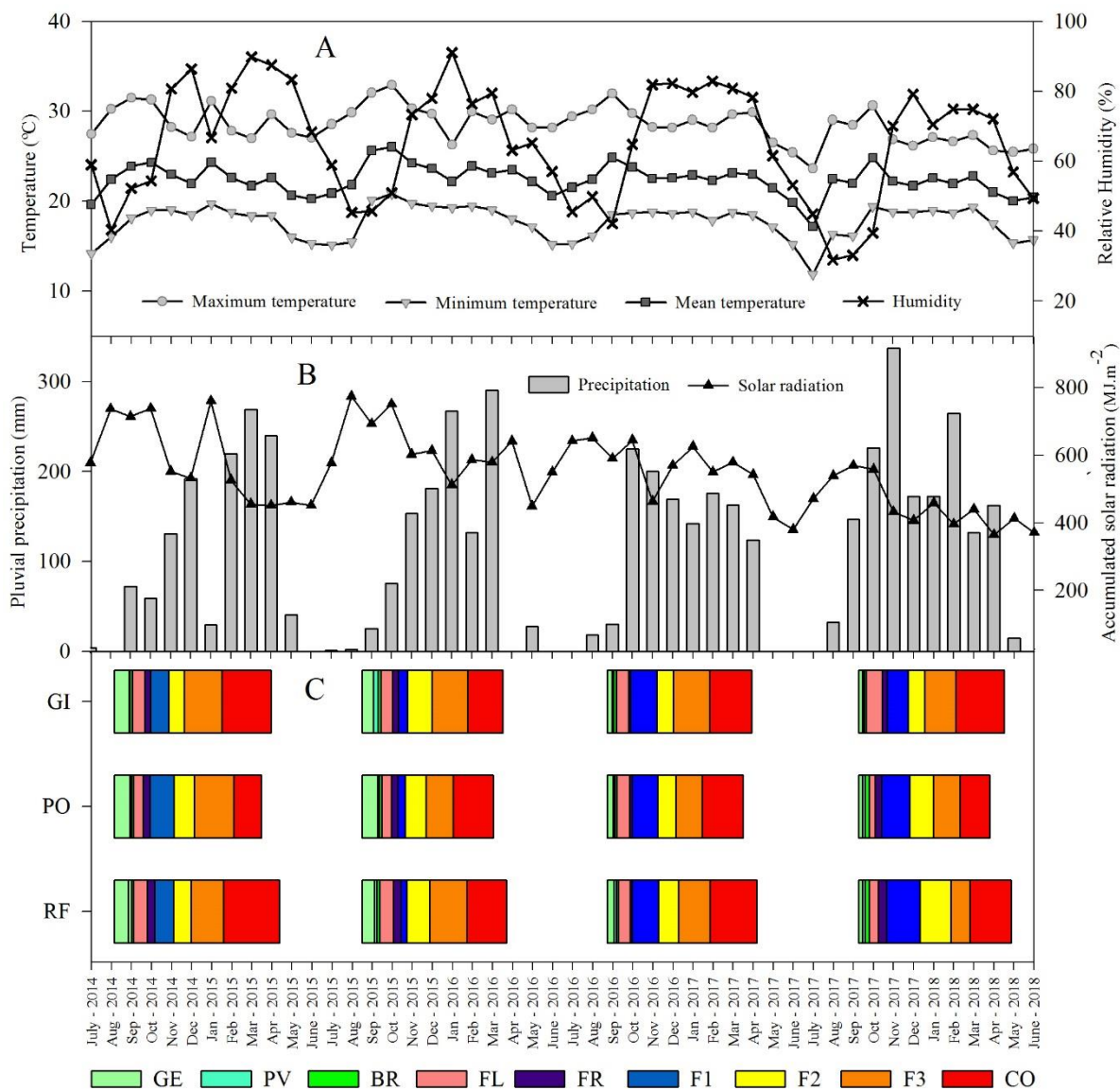
Os resultados de fenologia, em dias, e do desenvolvimento físico dos frutos foram analisados por meio de estatística descritiva pelo desvio padrão da média, sendo considerado a média de sete plantas e de 56 frutos, respectivamente.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias anuais de cada ano, considerando o intervalo de desenvolvimento da cultura entre julho de um ano até junho do ano seguinte foram: 22,28°C, 23,15°C, 22,53°C e 21,60°C para 2014, 2015, 2016 e 2017, respectivamente. Nos anos de avaliação, o período mais quente foi entre setembro e janeiro (Figura 3.1A), intervalo que coincidiu com o desenvolvimento vegetativo (brotação, emissão de folhas e alongamento de ramos) na primavera, e com os estágios de formação e crescimento dos frutos, no verão (Figura 3.1C).

O mês mais quente em todos os anos foi outubro, com temperatura máxima média de 31,14°C, apresentando em 2015 a maior temperatura máxima média de 32,90°C (Figura 3.1A). Temperaturas elevadas (acima de 25°C) retardam o crescimento e o amadurecimento dos frutos (Sugiura et al., 1991; Candir et al., 2009), reduzem a assimilação e acúmulo de carbono por conta da respiração celular (Bignell et al., 2017), além de afetar sua qualidade final, e até mesmo causar queimaduras na casca, caso sejam superiores a 35°C (George et al., 2005). Na região, em outubro a planta ainda está iniciando a frutificação (Figura 3.1C), então as temperaturas mais altas deste mês possivelmente não interferiram no

tamanho e na qualidade dos frutos. O verão foi sempre quente, sendo este um fator positivo, considerando que temperaturas baixas prejudicam o acúmulo de sólidos solúveis nos frutos, depreciando o valor comercial (Bignell et al., 2017).



**Figura 3.1** Temperaturas médias, máximas, mínimas, umidade relativa do ar (A); precipitação pluvial, radiação solar acumulada (B) e fenologia (C) de três cultivares de caqui (Rama Forte = RF; Pomelo = PO; e Giombo = GI) durante quatro ciclos produtivos (2014 a 2018), em Anápolis, GO. Fenofases: GE = Gema inchada; PV = Ponta verde; BR = Brotação; FL = Florescimento; FR = Frutificação; F1 = Frutos com 50% do tamanho final; F2 = Frutos com 70% do tamanho final; F3 = Frutos com 90% do tamanho final; CO = Colheita dos frutos.

Os meses mais frios foram entre maio e julho, coincidindo com os períodos de menores índices de precipitação e radiação solar (Figura 3.1A e 3.1B). Durante o final do

outono e início do inverno as plantas não foram avaliadas pois entravam em repouso vegetativo, com a senescência de suas folhas e cessando o desenvolvimento. As menores temperaturas mínimas diárias registradas foram de 12°C, 11°C, 9,5°C e 9,6°C para 2014, 2015, 2016 e 2017 respectivamente (Figura 3.1A). Julho de 2017 foi o mês com menor temperatura mínima média registrada, de 11,87 °C.

As chuvas se concentraram entre novembro e março, atendendo a demanda hídrica da cultura e coincidindo com o período de crescimento dos frutos no verão. O ciclo mais chuvoso foi o de 2017 no qual choveu 1.661,6 mm, considerando-se os meses entre julho de 2017 e junho de 2018. Nos outros ciclos choveram 1.257,6 mm, 1.156,5 mm e 1.247,85 mm para 2014, 2015 e 2016, respectivamente. O caquizeiro requer, por ciclo, entre 1.000 a 1.500 mm anuais (Martins & Pereira, 1989). Os índices pluviométricos registrados atenderam satisfatoriamente a cultura, entretanto, caso a poda seja realizada ainda no período seco, entre julho e agosto, a irrigação torna-se imprescindível para atender a demanda inicial da cultura, como no presente experimento.

Por ser originário de clima úmido, o caquizeiro é sensível ao estresse hídrico e não tolera períodos de estiagem, tornando a irrigação essencial para sustentar seu desenvolvimento (Intrigliolo et al., 2018). O período de maior necessidade hídrica da planta é durante o verão (Buesa et al., 2013; Intrigliolo et al., 2018), coincidindo na região avaliada com o período de desenvolvimento e maturação dos frutos, entre dezembro e março (Figura 3.1C).

O estresse hídrico reduz a produtividade por prejudicar a taxa de absorção de nutrientes pelas raízes, aumentar a taxa de aborto de frutos, reduzir o crescimento das folhas e botões florais e reduzir o tamanho do fruto, independente da época em que elas ocorrerem (Tanaka & Aoki, 1971; Ben-Arie et al., 2008; Intrigliolo et al., 2011; Kanety et al., 2014; Besada & Salvador, 2018; Intrigliolo et al., 2018; Yesiloglu et al., 2018). Em janeiro de 2015 houve um período de seca incomum (Figura 3.1B), sendo necessária a suplementação hídrica, para evitar abortamentos e permitir o correto desenvolvimento dos frutos, do ciclo 2014/2015.

No momento da maturação dos frutos, menores índices pluviométricos são desejáveis, pois, contribuem para minimizar problemas sanitários e distúrbios fisiológicos (como a perda de firmeza, inclusive em pós-colheita), além de contribuírem com o aumento da concentração de açúcares na polpa (George et al., 2005; Matsumoto et al., 2007; Bignell et al., 2017). Nos anos de estudo, a colheita dos frutos ocorreu durante o período das chuvas

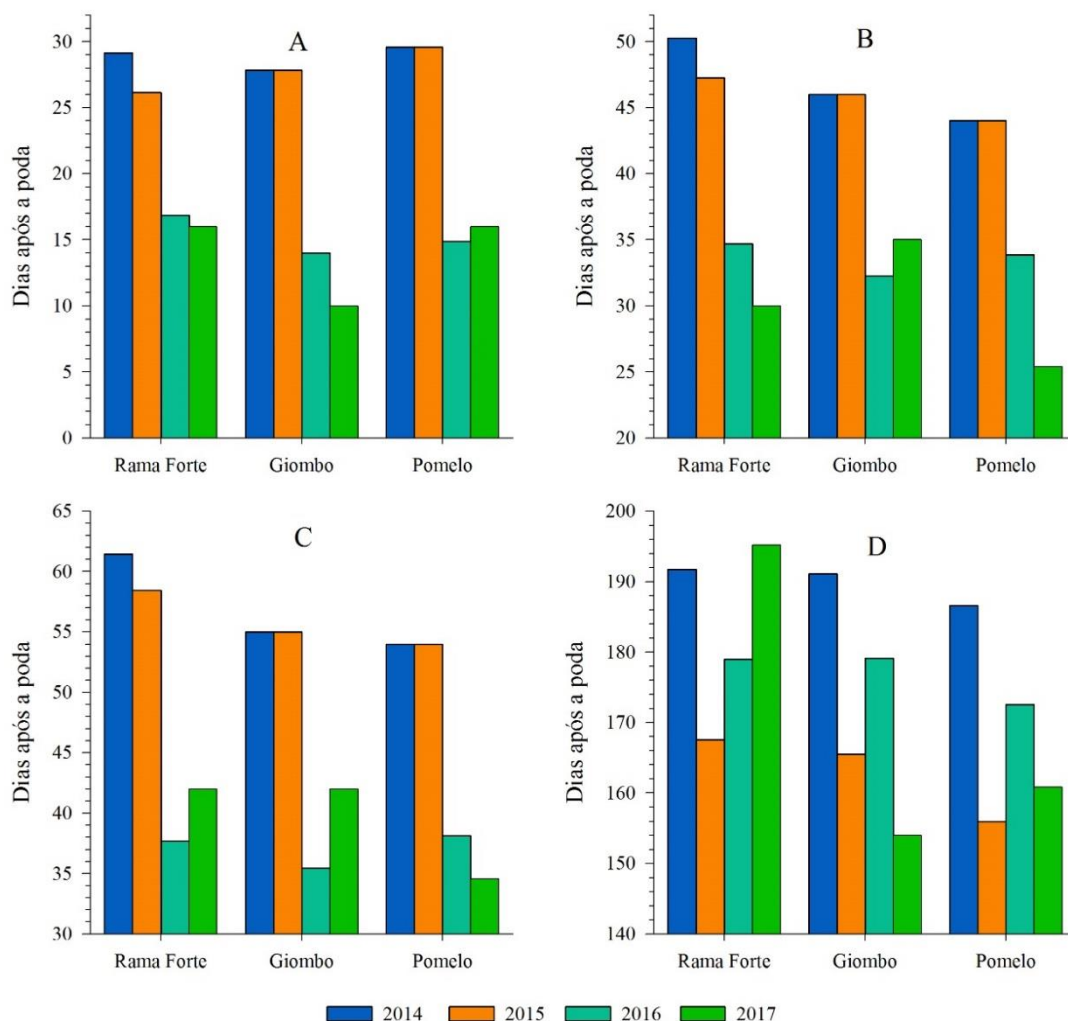
(Figura 3.1B e 3.1C), o que pode afetar a qualidade final dos frutos pela diluição dos açúcares na polpa dos frutos (George et al., 1997) e a durabilidade em pós-colheita dos mesmos.

Não foram constatados distúrbios no desenvolvimento das plantas e nos frutos por conta da radiação solar, tanto por excesso quanto por deficiência, o que indica que a região atende a demanda em luz da cultura. Pelo menos 1.400 horas de luz são necessários durante o ciclo do caqui, entre outubro e abril, para cultivos no hemisfério sul do planeta (Bignell et al., 2017). A duração da luz solar influencia também na qualidade dos frutos durante o seu desenvolvimento (Park et al., 2015), por possibilitar um maior síntese e acúmulo de açúcares (Mowat et al., 1996; Park et al., 2015).

Os índices de radiação solar apresentam um declínio no outono, a partir de abril e maio, coincidindo com o final da colheita dos frutos mais tardios (Figura 3.1B). Este declínio das horas de luz do dia torna-se o sinal para as plantas entrarem em dormência e leva à queda das folhas, especialmente em locais sem ocorrência de baixas temperaturas (Carvalho & Alves, 2007). A redução da radiação solar provoca redução da temperatura média do ar (Figura 3.1A e 3.1B) e, apesar de não influenciar o tamanho final do fruto, pode também atrasar e prolongar o período de colheita (Figura 3.1C). Como a cor da casca é o principal indicativo do ponto de colheita em campo, o atraso na mudança de coloração da casca influenciará a época e duração da colheita (Woolf & Ben-Arie 2011; Bignell et al., 2017).

Frutos expostos ao sol estão sujeitos a queimaduras durante seu desenvolvimento. Segundo Ben-Arie et al. (2008) se a planta sofreu algum tipo de déficit hídrico estes índices de queimadura são aumentados. Como o período de desenvolvimento dos frutos coincide com os meses de maior precipitação e, conseqüentemente de radiação reduzida, a quantidade de frutos queimados pelo sol é pouco significativa, tendo sido constatada somente em frutos totalmente expostos.

No presente experimento, a brotação ocorreu em diferentes períodos após a poda (Figura 3.2A). Em 2014 e 2015 a brotação foi mais tardia, precisando de cerca de 28 dias após a poda (DAP) para todas as cultivares, enquanto que em 2016 e 2017 demorou cerca de 15 DAP. Infere-se, portanto, que em anos quentes e com podas mais tardias e na presença de precipitação pluviométrica, as plantas tendem a brotar mais rapidamente (Figura 3.2A).



**Figura 3.2** Quantidade de dias após a poda necessários para o início da brotação (A), florescimento (B), frutificação (C) e colheita de frutos (D) de três cultivares de caquizeiro produzidos em Anápolis, GO, em quatro ciclos produtivos.

Pomelo foi a cultivar com a brotação mais tardia, levando 29,6 DAP em 2014 e 2015, enquanto que ‘Giombo’ em 2017, foi a mais precoce, precisando de 10 DAP para brotar. Nos quatro ciclos avaliados, para a brotação, ‘Giombo’ foi a mais precoce, seguida por ‘Rama Forte’ e ‘Pomelo’, com média de 20, 22 e 23 DAP, respectivamente. A quantidade em dias para a brotação semelhante entre as cultivares pode ser explicada pela aplicação da cianamida hidrogenada ( $H_2CN_2$ ) em associação com o óleo mineral. Esta aplicação, além de induzir e uniformizar a brotação das gemas antecipa a brotação, o florescimento, a colheita e até aumenta a produção de frutos de caqui (Chariani & Stebbins, 1994; Mizobutsi et al. 2004; Ayub et al., 2009). Salienta-se que quanto mais tardia a aplicação da cianamida

hidrogenada, menor será a antecipação da brotação, do florescimento e da colheita (Mizobutsi et al. 2004).

Em todos anos, as plantas foram precoces em comparação a resultados observados por outros autores em região subtropical como Grellmann et al., 2003; Corsato et al., 2005; Silva et al., 2016, e tropical, como Bezerra, 2007; Razzouk, 2007; Docema, 2016. Em região subtropical, sem poda ou aplicação de indutores de brotação, o caqui tende a brotar próximo do final do inverno, entre meados de agosto até o início de setembro, para o Hemisfério Sul (Grellmann et al., 2003; George et al., 2005), enquanto que em condição tropical, as brotações são consideradas precoces, levando 63 e 55 dias para ‘Pomelo’ e ‘Giombo’, respectivamente (Razzouk, 2007). No presente experimento todas cultivares brotaram antes de 30 DAP, sendo este resultado semelhante ao encontrado por Bezerra (2007), também sob condição tropical, o que indica que as temperaturas mais elevadas da região aceleraram o desenvolvimento das plantas.

No hemisfério sul e em condições subtropicais, a floração do caquizeiro ocorre normalmente durante o mês de outubro, dura entre oito e trinta dias e, conforme as plantas se tornam mais velhas, há uma tendência desse período se estender (Grellmann et al., 2003; George et al., 2005). O florescimento nos anos avaliados ocorreu entre o final do inverno e o início da primavera, nos meses de setembro e outubro (Figura 3.1C). Acompanhando o comportamento da brotação, nos dois primeiros anos (2014 e 2015) o florescimento de todas as cultivares foi mais tardio que 2016 e 2017 (Figura 2B).

Mesmo tendo a brotação mais lenta entre as cultivares avaliadas, ‘Pomelo’ foi precoce para o florescimento, levando em média 36,8 DAP para florescer (Figura 3.2B). Em 2017, aos 25,4 DAP, 50% de seus botões florais já estavam abertos. Diferenças nas datas do florescimento ocorrem em função do clima, especialmente em função das temperaturas da primavera, sendo que cultivares mais exigentes em frio tendem a florescer precocemente em condições de temperaturas mais frias (Chee & Mowat, 1993; Razzouk, 2007). Este fato demonstra melhor adaptação de ‘Pomelo’ a condições mais quentes em comparação com outras cultivares avaliadas. ‘Pomelo’ foi mais precoce para o florescimento inclusive em comparação com outros estudos, como os 58 DAP em São Paulo (Silva et al., 2016), e aos 64 a 77 DAP no Mato Grosso do Sul (Bezerra, 2007; Razzouk, 2007).

Um florescimento antecipado propicia a produção de maiores frutos, devido ao maior tempo de permanência que estes ficam aderidos à planta mãe (Petri et al., 1996). Os frutos ‘Pomelo’ são comparativamente maiores que os de ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’, além

das características da própria variedade, possivelmente por conta desse florescimento precoce, que permite que os frutos fiquem mais tempo se desenvolvendo na planta.

Com exceção de 2017, o florescimento de ‘Giombo’ ocorreu normalmente cerca de dezoito dias após a brotação, sendo considerado intermediário frente à ‘Pomelo’ e ‘Rama-Forte’. Segundo Razzouk (2007) e Bezerra (2007), o florescimento dessa cultivar pode ser considerado precoce em regiões de clima tropical.

‘Rama Forte’ floresceu em média três semanas após a brotação, entre 50 e 30 dias após a poda, sendo a cultivar mais tardia para o florescimento. Apesar disso, o intervalo entre a brotação e o florescimento foi considerado curto comparados aos obtidos em região subtropical de 45 dias (Grellmann et al., 2003; Silva et al., 2016) e tropical com cerca de 35 dias (Corsato et al., 2005; Bezerra, 2007; Razzouk, 2007; Docema, 2016).

As três cultivares frutificaram em menos de duas semanas após o florescimento em todos os anos avaliados (Figura 3.2C). ‘Pomelo’ foi o mais precoce, frutificando em média aos 45,2 DAP, seguido por ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’, com 46,9 e 49,9 DAP, respectivamente. Os valores observados para as três cultivares são bastante próximos, não diferindo mais que cinco dias em média (Figura 3.2C). Os resultados permitem inferir que é maior a precocidade de frutificação do caqui em Anápolis comparado a outras regiões. Para ‘Rama Forte’ observa-se na literatura valores entre 74 e 101 DAP para a frutificar (Bezerra, 2007; Razzouk, 2007; Silva et al., 2016).

Para todas as cultivares a colheita dos frutos iniciou-se menos de 200 DAP (Figura 3.2D). Os resultados demonstram que quando cultivadas em clima tropical com verão chuvoso, existe uma redução do período de desenvolvimento e encurtamento do ciclo do caquizeiro, resultando em precocidade de produção. O comportamento fenológico variou em função da cultivar e do ano de safra avaliados.

‘Pomelo’ foi a cultivar mais precoce, precisando, em média, de 169 DAP. No ano de 2015 os frutos dessa cultivar estavam prontos para a colheita em apenas 156 DAP. O tempo desde a poda até o ponto de colheita na região estudada para ‘Pomelo’ é muito menor que o observado em regiões subtropicais, que foi de cerca de 266 DAP (Silva et al., 2016), entretanto o valor foi maior do que o constatado por Razzouk (2007) em condições tropicais, que foi de 119 DAP.

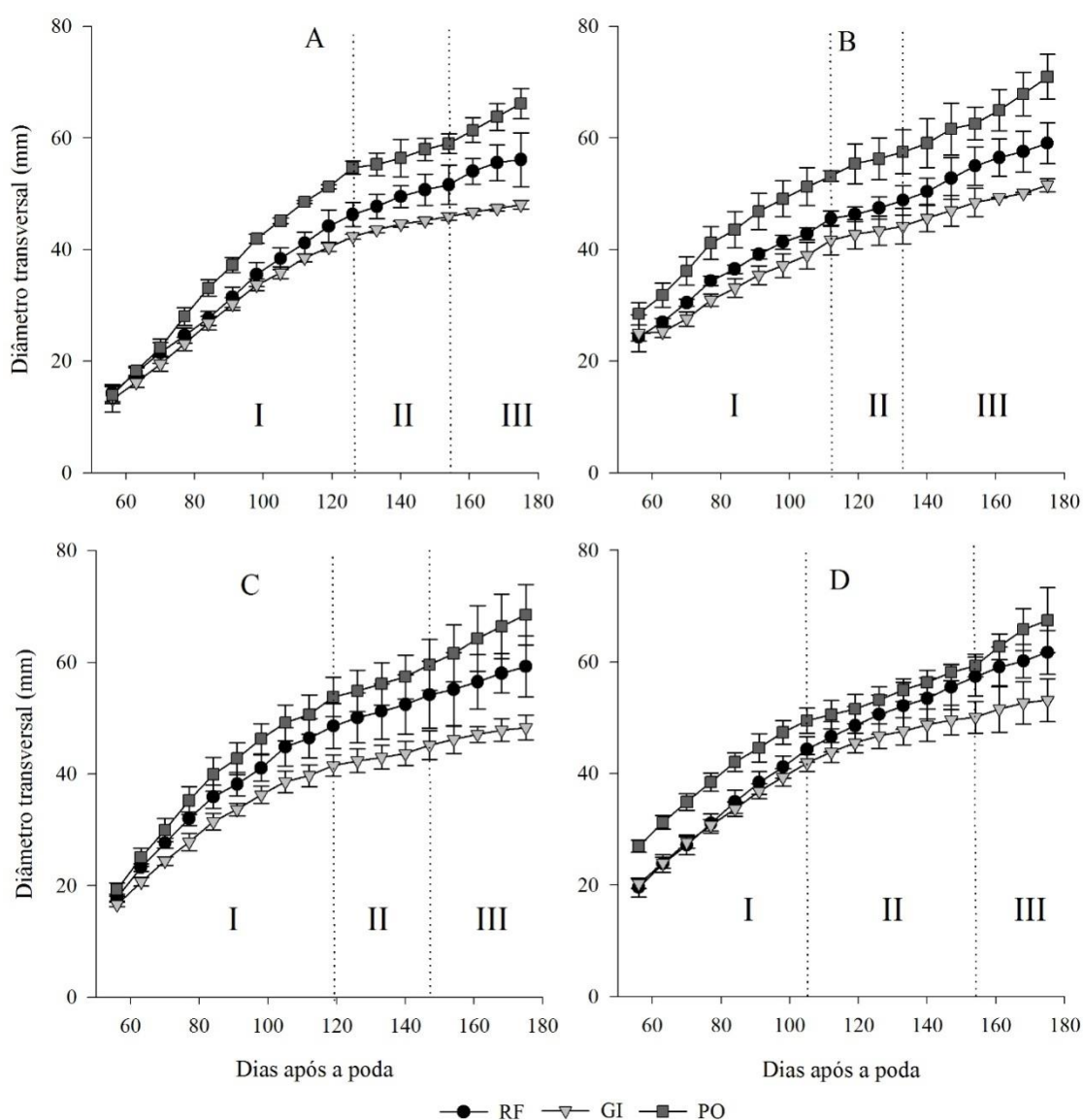
Segundo Razzouk (2007) e Docema (2016), as cultivares Giombo e Rama-Forte necessitaram do mesmo número de dias para atingir a maturação dos frutos em região tropical. No presente experimento, ambas cultivares precisaram de praticamente o mesmo

tempo para atingir o ponto de colheita, entretanto, em 2017 a colheita de ‘Giombo’ iniciou-se mais de 40 dias mais cedo que ‘Rama Forte’ (Figura 3.2D). O desenvolvimento mais precoce do caqui ‘Giombo’ neste estudo pode ser explicado por conta da poda mais tardia realizada naquele ano (05/09/2017), fazendo com que o período de desenvolvimento dos frutos fosse encurtado. Segundo Zheng & Sugiura (1990) em regiões quentes o florescimento e o desenvolvimento dos frutos tendem a ser mais rápido que em locais com temperaturas médias mais amenas, possivelmente pelo encurtamento da segunda fase de crescimento dos frutos em regiões de verão mais frio.

‘Rama Forte’ precisou de 120 a 165 após o florescimento (média de 142 dias) ou 183,4 DAP para que os frutos atingissem o ponto de maturidade comercial (Figura 3.2D). Esse é um comportamento de precocidade da cultivar em condição tropical, visto que Grellmann et al. (2003) constataram um intervalo médio entre o florescimento e a colheita de 173,2 em região subtropical do Rio Grande do Sul.

Quanto ao crescimento dos frutos avaliados em função do diâmetro transversal (DT), verificou-se que nos anos estudados, os frutos da cultivar Pomelo foram os que apresentaram os maiores DT, seguidos por ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’ (Figura 3.3). ‘Giombo’ foi sempre a cultivar com menores valores de DT em comparação com as outras cultivares avaliadas. Apesar desse resultado, não se pode concluir que o caqui ‘Giombo’ seja o menor de todos. Essa cultivar apresenta um formato característico alongado, com maior desenvolvimento longitudinal do fruto (Martins & Pereira, 1989; Cavalcante, 2007; Nascimento et al., 2017), por isso, somente a medida do calibre médio não é suficiente para este tipo de consideração.

O desenvolvimento e maturação do caqui é típico de frutos climatéricos, apresentando uma curva de segmento sigmoidal dupla, independente da polinização, e evidenciando mudanças na firmeza e coloração na fase de maturação (Shin et al., 1991; Kluge & Tessmer, 2018). O crescimento dos frutos do caquizeiro é dividido em três fases em que uma fase de menor crescimento, a fase II, separa duas fases de rápido crescimento, a fase I e a fase III (Sugiura et al., 1991; Zheng & Sugiura, 1990; Mowat et al., 1996; Kluge & Tessmer, 2018). O crescimento se inicia no final da primavera, é estendido no verão por cerca de 100 a 130 dias e termina no outono (Candir et al., 2009; Intrigliolo et al., 2018). No presente experimento avaliou-se plenamente as fases I e II (Figura 3.3), enquanto que a fase III constatou-se apenas o seu início, aos 154, 133, 147 e 154 dias após a poda (DAP) para os anos de 2014, 2015, 2016 e 2017, respectivamente.



**Figura 3.3** Evolução do diâmetro transversal de frutos de caquizeiro das cultivares Rama Forte (RF), ‘Giombo’ (GI) e ‘Pomelo’ (PO) em quatro anos diferentes de avaliação 2014 (A), 2015 (B), 2016 (C) e 2017 (D) em Anápolis – GO, Brasil. Linhas de desvio indicam desvio padrão de sete repetições, com oito frutos de caqui cada para cada ano ( $n = 56$ ).

Os frutos apresentaram uma fase de crescimento inicial (fase I) mais rápida a partir da primeira medição (56 DAP) até cerca de 112 dias após a poda, exceto em 2014, em que a fase I foi mais prolongada, terminando em 126 DAP (Figura 3.3A). Os resultados estão de acordo com Mowat et al. (1996) e Candir et al., (2009) que afirmam que a fase de crescimento I durar entre de 60 e 112 dias.

Durante o crescimento dos frutos, o estresse hídrico se torna prejudicial ao tamanho final dos mesmos. Para o caquizeiro, as fases mais críticas são as que ocorrem

maiores taxas de crescimento (fase I e III), enquanto que na fase II, de crescimento lento, a restrição hídrica não é tão limitante. Nos anos de avaliação o desenvolvimento dos frutos ocorreu junto ao período chuvoso e, somente em janeiro de 2014 houve a necessidade de irrigação. Conhecer os períodos de sensibilidade hídrica da cultura possibilita organizar estratégias de irrigação adequadas e promover o balanço adequado entre crescimento vegetativo e produção de frutos (Candir et al., 2009; Kanety et al., 2014). Lee et al. (2012) constataram que o período de crescimento de maçãs apresenta uma alta correlação com os valores de precipitação, inclusive no período de maturação, assim como no caqui (Woolf & Ben-Arie 2011).

A fase de crescimento II foi encurtada em 2015 em comparação com os outros anos, ocorrendo entre 112 DAP e 133 DAP para este ano, enquanto que nos outros anos ela começou cerca de 112 DAP terminando próximo de 154 DAP (Figura 3.3). Segundo Sugiura et al. (1991), um menor desenvolvimento do fruto durante a fase II pode ser atribuído a temperaturas mais quentes de verão, tanto diárias quanto noturnas, explicando porque em 2014, 2016 e 2017 a fase II foi mais prolongada e o crescimento mais lento. Candir et al. (2009) e Mowat et al. (1996) afirmam que a fase II dura entre 20 e 40 dias, estando os resultados encontrados dentro desse intervalo.

Em 2014, o crescimento foi mais rápido em comparação com os outros anos (Figura 3.3A). Segundo Mowat et al. (1996) e Bignell et al. (2017), diferenças climáticas entre as regiões produtoras, especialmente as de temperaturas mínimas, causam variação na taxa de crescimento dos frutos. Em anos de primaveras mais frias espera-se taxa de desenvolvimento do fruto mais lenta, o que possivelmente aumenta a taxa de divisão celular, ocasiona paredes celulares mais espessas, diminui a expansão celular e a limitação de recursos de carboidratos, conferindo aos frutos maior resistência física (Bignell et al., 2017). Deste modo, sugere-se que, no presente estudo, diferenças nas taxas de crescimento observadas (Figura 3.3) foram ocasionadas pela variação climática entre os anos de estudo (Figura 01).

Em média para os quatro anos de avaliação, ‘Pomelo’ e ‘Giombo’ precisaram de cerca de 160 dias para alcançar mais de 90% do tamanho final. Em caquizeiro o crescimento dos frutos oscila entre 120 e 190 dias, dependendo da cultivar e do ambiente (Candir et al., 2009). No experimento as plantas foram avaliadas até o 175 DAP por conta do início da colheita dos frutos precoces.

O final da maturação dos frutos coincide com os dias mais quentes de verão, o que pode prejudicar a expansão e o tamanho final dos mesmos. Durante o estágio III de desenvolvimento, temperaturas elevadas atrasam o início da expansão e do amadurecimento dos frutos (Sugiura et al. 1991; Isobe & Kamada 2001). Além disso, no amadurecimento, temperaturas médias diárias entre 15°C e 22°C contribuem para a completa perda de adstringência dos frutos (George et al., 2005; Bignell et al., 2017). Por outro lado, no final do crescimento do fruto (fase II e III) restrições de irrigação induzem ao incremento da coloração, diminuição da firmeza da polpa e amadurecimento precoce dos frutos, sendo este último fator importante quando se objetiva alcançar o mercado precocemente, quando os preços são elevados (Ben-Arie et al., 2008; Intrigliolo et al., 2011), mas indesejável do ponto de vista da qualidade pós-colheita, principalmente no aspecto da conservação das características e da vida útil.

### 3.4 CONCLUSÕES

Em anos mais quentes e com podas mais tardias, as plantas tendem a brotar mais rapidamente.

As plantas submetidas a condições de clima tropical com verão chuvoso foram precoces.

O florescimento ocorreu entre o final do inverno e o início da primavera, nos meses de setembro e outubro.

‘Pomelo’ teve melhor adaptação a temperaturas mais quentes em comparação com as outras cultivares avaliadas.

O intervalo entre a brotação e o florescimento em condição tropical é curto em comparação com regiões frias.

Variações climáticas anuais provocam diferenças nas taxas de crescimento do diâmetro transversal dos frutos.

Os frutos da cultivar Pomelo foram os que apresentaram os maiores valores de diâmetro transversal, seguidos por ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’.

## 3.5 REFERÊNCIAS

- AYUB, R. A.; BLUM, J.; MALGARIM, M. B. Time and active ingredients for bud break of japanese persimmon cv. Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.3, p. 644-649, 2009.
- BEN-ARIE, R.; ZILKAH, S.; KLEIN, I.; GAMRASNI, D. Persimmon and environment: soil and water management for high quality fruit production. **Advances in Horticultural Science**, v.22, n.4, p. 286-293, 2008.
- BESADA, C.; SALVADOR, A. Postharvest Biology and Technology of Persimmon. In **Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits**. Springer, Cham. p. 371-393, 2018.
- BEZERRA, M. R. **Enxertia de mesa, estaquia e fenologia do caquizeiro em regiões tropicais**. 79 p. Dissertação (Mestre em Agronomia – Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2007.
- BIGNELL, G.; BRUUN D.; OAG, D.; GEORGE, A.; NISSEN, B. **Persimmon postharvest manual**. Queensland Department Primary Industries and Fisheries. Segunda Edição – novembro 2017.
- BUESA, I.; BADAL, E.; GUERRA, D.; BALLESTER, C.; BONET, L.; INTRIGLIOLO, D.S. Regulated deficit irrigation in persimmon trees (*Diospyros kaki*) cv. ‘Rojo Brillante’. **Scientia Horticulturae** v. 159, p. 134-142, 2013.
- CANDIR, E. E.; OZDEMIR, A. E.; KAPLANKIRAN, M.; TOPLU, C. Physico-chemical changes during growth of persimmon fruits in the East Mediterranean climate region. **Scientia Horticulturae** v. 121, p. 42-48, 2009.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de KÖPPEN-GEIGER para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v.8, n. 16, p. 40- 55, 2014.
- CARVALHO, R. I. N. C.; ALVES, M. C. A. A. Intensidade de dormência das gemas de caquizeiro "fuyu" no período do outono e inverno na região de fazenda Rio Grande – PR **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS. v.13 p. 35-38, 2007.
- CAVALCANTE I.H.L.; MARTINS A.B.G.; OLIVEIRA I.V.M.; BECKMANN M.Z. Características de frutos de cinco variedades de caqui madurados en la planta o en post cosecha. **R. Biol. Ciên. Ter.** v.7 n. 2, 2007
- CHARIANI, K.; STEBBINS, R.L. Chilling requirements of Apples and Pear cultivars. **Fruit Varieties Journal**, Jaboticabal, v.48, n. 4, p.215-222, 1994.
- CHEE, A.; MOWAT, A. D. Variability in fruit quality of persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). In **Australasian Post Harvest Conference Proceedings**. pp. 41-44, 1993.

CHOI, S.T.; PARK, D.S.; SON, X.Y.; PARK, Y.O.; HONG, K.P.; CHO, K.S. Climate related changes in fruit growth of ‘Fuyu’ persimmon during the harvest season. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology** v.31, p.32-37, 2013.

COMPÉSA, R.; VENDRELLB, M. El “milagro” del caqui en Valencia. un caso de innovación abierta y colaborativa de liderazgo cooperativo. **Anais XI Congreso de la Asociación Española de Economía Agraria**. 294 p., 2017.

CORSATO, C. E.; SCARPARE FILHO, J. A.; VERDIAL, M. F. Phenology of persimmon tree ‘Rama Forte’ in tropical climate. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n 3, p.323-329, 2005.

CURI, P.A. N.; TAVARES, B. S.; ALMEIDA, A. B.; PIO, R.; PASQUAL, M.; PECHE, P. M; SOUZA, V. R. (2017). Characterization and influence of subtropical persimmon cultivars on juice and jelly characteristics. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 2, p. 1205-1220. Epub 15 de maio de 2017.

DANIELI, R.; GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; FERRI, V. C.; ROMBALDI, C. V. Efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservabilidade de caqui, Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24 n.1, p. 44-48, 2002.

DOCEMA, M. L. **Fixação de frutos de caqui, sua relação com o acúmulo de graus-dia e a aplicação de ácido giberélico**. 63 p. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, 2016.

FAGUNDES, A. F.; DABUL, A. N. G.; AYUB, R. A. Aminoethoxivinilglicina no controle do amadurecimento de frutos de caqui cv. Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p. 73-75, 2006.

FAO. **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION** Stat. Fruits production – Persimmon - [Internet]. 2018. Disponível em: <http://www.faostat.com> [Acesso em: 2019-11-12]

FENNELL, A. Systems and approaches to studying dormancy: introduction to the workshop. **HortScience** v. 34, p. 1172–1173, 1999.

GARCÍA-CARBONELL, S.; YAGÜE, B.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U.; AGUSTÍ, M. Phenological growth stages of the persimmon tree (*Diospyros kaki*). **Annals of Applied Biology**, v.141, n.1, p. 73-76, 2002.

GEORGE, A. P.; MOWAT, A. D. COLLINS, R. J. Factors affecting blemishing of persimmon in New Zealand and Australia. **Acta Horticulturae**, v. 436, p. 171–178, 1997.

GEORGE, A.; NISSEN, B.; BROADLEY, R.; COLLINS, R.; RIGDEN, P.; JEFFERS, S.; ISAACSON, B.; LEDGER, S. **Sweet Persimmon Grower’s Handbook**. Queensland Department Primary Industries and Fisheries Information Series qi05102, 2005.

GRELLMANN, E. O.; SIMONETTO, P. R.; FIORAVANÇO, J. C. Comportamento fenológico e produtivo de cinco cultivares e uma seleção de caqui em Veranópolis, Rio

Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1-2, p. 71-76, 2003.

GUO, L.; DAI, J.; RANJITKAR, S.; XU, J.; LUEDELING, E. Response of chestnut phenology in China to climate variation and change. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 180, p. 164–172, 2013.

IBGE – **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA** - Produção Agrícola Municipal, 2017 (Caqui). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 2018-12-03.

INTRIGLILOLO, D. S.; BONET, L.; FERRER, P.; BESADA, C.; SALVADOR, A. Short-term effects of regulated deficit irrigation of ‘Rojo Brillante’ persimmon (*Diospyros kaki*)—Yield, fruit quality and post-harvest performance. **Acta Horticulturae**, v. 922, p. 113–120, 2011.

INTRIGLILOLO, D. S.; VISCONTI, F.; BONET, L.; PARRA, M.; BESADA, C.; ABRISQUETA, I.; RUBIO J. S.; de PAZ, J. M. Persimmon (*Diospyros kaki*) trees responses to restrictions in water amount and quality. **Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment**, p. 149–177, 2018.

ISOBE, T.; KAMADA, N. The effect of high temperature on fruit maturation of Japanese persimmon (*Diospyros kaki*) ‘Maekawa Jiro’. **Bulletin of the Shizuoka Citrus Experiment Station** v. 31, p. 15-19, 2001.

KAMEYAMA, Y. KUDO, G. Flowering phenology influences seed production and outcrossing rate in populations of an alpine snowbed shrub, *Phyllodoce aleutica*: effects of pollinators and self-incompatibility. **Annals of Botany** v. 103, p. 1385–1394, 2009.

KANETY, T.; NAOR, A.; GIPS, A.; DICKEN, U.; LEMCOFF, J.H.; COHEN, S. Irrigation influences on growth, yield, and water use of persimmon trees. **Irrig. Sci.** v. 32, p. 1–13, 2014.

KLUGE, R. A.; TESSMER, M. A. **Caqui** — *Diospyros kaki*. in Exotic Fruits Reference Guide 1st Edition Editors: RODRIGUES S.; SILVA E.; BRITO, E. de. p.113 – 118, 2018.

KUO, C. C.; BAIN, A.; CHIU, Y. T.; HO, Y. C.; CHEN, W. H.; CHOU, L. S.; TZENG, H. Y. Topographic effect on the phenology of *Ficus pedunculosa* var. *mearnsii* (Mearns fig) in its northern boundary distribution, Taiwan. **Scientific reports**, v. 7, n.1, p.14699, 2017.

LEE, S. H.; KWON, Y. S.; KIM, I. J.; KIM, T. J.; KIM, H. H.; KIM, D. I. Correlation Analysis between Meteorological Condition and 'Fuji' Apple Fruit Characteristics in Chungbuk, Korea. **The Journal of the Korean Society of International Agriculture**. 2012.

LIETH, H. (Ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Springer Science & Business Media. v.8, 2013.

MARTÍNEZ-LAS HERAS, R. J. C.; AMIGO-SÁNCHEZ, A.; HEREDIA, M.L. CASTELLÓ; ANDRÉS, A.: Influence of preharvest treatments to reduce the seasonality of persimmon production on color, texture and antioxidant properties during storage, *CyTA - Journal of Food*, 2015.

MARTINS, F. P.; PEREIRA, F. M. **Cultura do caquizeiro**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 71p.

MATSUMOTO, K.; OHTA, T.; IRASAWA, M.; NAKAMURA, T. Climate change and extension of the *Ginkgo biloba* L. growing season in Japan. **Global Change Biol.** v. 9, p. 1634–1642, 2003.

MATSUMOTO, T.; ITAMURA, H.; KURAHASHI, T.; MAKI, S.; MATSUMOTO, S. Effects of girdling, defoliation and flooding treatments on fruit softening before and after harvest in ‘Saijo’ persimmon (*Diospyros kaki*). **Horticultural Research** (Japan) v. 6, p. 119-123, 2007.

MENZEL, A.; FABIAN, P. Growing season extended in Europe. **Nature**, v.397 n. 6721, p. 659, 1999.

MIZOBUTSI, G. P.; BRUCKNER, C. H.; SALOMÃO, L. C. C.; NEVES, J. C. L. Antecipação da colheita de caqui “Costata” através da quebra de dormência com cianamida hidrogenada e óleo mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 209-211, 2004.

AH CHEE, A.; MOWAT, A. D. Variability in fruit quality of persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). In: **Australasian Post Harvest Conference Proceedings**. 1993. p. 41-44.

MOWAT, A. D.; GEORGE, A. P.; COLLINS, R. Macro-climate effects on fruit development and maturity of nonastringent persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). **"Proceedings of the First International Persimmon Symposium"** ISHS, Chiang Mai City. (S. Subhadrabandhu, ed.), p. 195-202, 1996.

NASCIMENTO, L. M.; GARCIA, L. G. C.; OGATA, T.; BRANDAO, D. C.; DE MELO E SILVA-NETO, C.; SELEGUINI, A. Physical and chemical characteristics and productivity of persimmons (*Diospyros kaki* L.) cultivated in the Brazilian savannah. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n. 2, p. 234, 2017.

NEUWALD, D. A.; SAQUET, A. A.; SESTARI, I.; SAUTTER, C. K. Persimmon production and commercialization in Brazil: An Overview. **Anais IV International Symposium on Persimmon** v. 833 p. 51-56, 2008.

PARK, Y.; KIM, M. J.; PARK, S. B.; OH, S. I. Effect of Weather Conditions on Fruit Characteristics and Yield of 'Sangjudungsi' Persimmon Cultivar in Sangju, Gyeongsangbuk-do. **Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology**, v. 17, n. 4, p. 340-347, 2015.

PEREIRA, F. M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Rev. Bras. Frutic.** v. 33, p. 92-108, 2011.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J. P. H.; MATOS, C. S.; POLA, A. C. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado.** EPAGRI, 110 p. 1996.

RAZZOUK, P. L. G. **Avaliação fenológica de variedades de caqui *Diospyros kaki* L. e propagação por estaquia em regiões tropicais.** 2007. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho”, Ilha Solteira, 2007.

SCHWARTZ, M. D. **Phenology: an integrative environmental science.** 2 ed., Springer, 2013.

SHIN, S-R.; SONG J-H.; KIM, S-D.; KIM K-S. ‘Changes in the cell structure during maturation and postharvest of persimmon fruits’. **Journal Korean Agricultural Chemistry Society.** v. 34 p. 32 – 37, 1991.

SILVA, M. J. R.; FERREIRA, T. E.; DOMICIANO, S.; PAIVA, A. P. M.; TECCHIO, M. A.; LEONEL, S. Phenology, yield and fruit quality of four persimmon (*Diospyros kaki* L.) cultivars in Sao Paulo’s Midwest countryside, Brazil. **African Journal of Agricultural Research,** v. 11, n. 52, p. 5171-5177, 2016.

SUGIMOTO, Y.; YASUI, A. Numerical analyses on the effects of environmental factors (especially orchard humidity and Bordeaux mixture) on black spotting of Japanese persimmon. **Bull. Nara Agric. Exp. Stn.;** v. 10, p. 1-8, 1982.

SUGIURA, A.; ZHENG, G.H.; YONIMORI, K. Growth and ripening of persimmon fruit at controlled temperatures during growth stage III. **Horticultural Science,** v. 26, n. 5, p. 574, 1991.

TANAKA, K.; AOKI, M. Effects of irrigation and nitrogen fertiliser application in summer on the fruiting of ‘Fuyu’ kaki (*Diospyros kaki*). **Research Bulletin Aichi-ken Agricultural Research Station,** v.7, p. 19-44, 1971.

TESSMER, M. A.; KLUGE, R. A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. The accumulation of tannins during the development of ‘Giombo’ and ‘Fuyu’ persimmon fruits. **Scientia Horticulturae,** v. 172, p. 292-299, 2014.

VALENTINI, N., ME, G., FERRERO, R., SPANNA, F. Use of bioclimatic indexes to characterize phenological phases of apple varieties in northern Italy. **Int. J. Biometeorol.** v. 45, p. 191–195, 2001.

VALENTINI, S. R. DE T.; FERREIRA, M. D., ATARASSI, M. E.; BENATO, E. A. Avaliação de linhas de beneficiamento e impactos de queda na qualidade de caqui ‘Rama Forte’. **Engenharia Agrícola,** v. 29, n. 4, p. 642-655, 2009.

WOOLF, A. B.; BEN-ARIE, R. (2011). Persimmon (*Diospyros kaki* L.). **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**, p. 166–194.

YAKUSHIJI, H.; NAKATSUKA, A. (2007). Recent persimmon research in Japan. **Jpn.J. Plant Sci**, v. 1, n. 2, p. 42-62.

YESILOGLU, T.; CIMEN, B.; INCESU, M.; YILMAZ, B. **Genetic Diversity and Breeding of Persimmon**. In. *Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops*. IntechOpen. 2018.

ZHENG, G. H.; SUGIURA, A. Changes in sugar composition in relation to invertase activity in the growth and ripening of persimmon (*Diospyros kaki*) fruits. **J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.** v. 59, p. 281–287, 1990.

ZILKAH, S.; DAVID, I.; LAZAR, M.; ROTBAUM, A.; FAINGERSH, E. The effect of irrigation and shading on fruit deformation of persimmon cv. ‘Triumph’. **Acta Horticulturae** v. 833, p. 319-324, 2009.

## 4. NECESSIDADES TÉRMICAS DE TRÊS CULTIVARES DE CAQUIZEIRO EM REGIÃO TROPICAL

### 4. THERMAL NEEDS OF THREE PERSIMMON CULTIVARS IN TROPICAL REGION

**RESUMO:** Apesar da origem subtropical, o caquizeiro adapta-se bem a locais de clima quente, como o Brasil, graças a sua baixa demanda em horas de frio. Sabendo disso, buscou-se conhecer a exigência térmica em horas de calor e de frio de três cultivares de caquizeiro comum (Rama Forte, Giombo e Pomelo), cultivadas em savana tropical brasileira (Cerrado), ao longo de quatro anos de cultivo. Para soma térmica, foram caracterizadas as exigências térmicas desde a poda até a última colheita dos frutos, bem como do intervalo entre cada Fenofase. Foi utilizado o somatório térmico ou graus-dia (GD) que expressa o acúmulo de calor pela planta, superior a temperatura base da cultura, para completar cada fase fenológica do seu ciclo. Quantificou-se também o número de horas de frio acumuladas (NHF). As fases fenológicas consideradas foram: gema inchada, ponta verde, brotação, florescimento, frutificação, frutos com 50% do tamanho final, frutos com 70% do tamanho final, frutos com 90% do tamanho final, início da colheita e final da colheita. Os resultados de soma térmica foram submetidos à análise de variância individual para cada ciclo de produção. Posteriormente, realizou-se a análise conjunta e, quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio não ultrapassou o valor sete procedeu-se aos desdobramentos necessários. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Sob as condições de savana tropical brasileira, 'Pomelo', 'Giombo' e 'Rama Forte' foram precoces, atingindo o ponto de colheita com baixa necessidade térmica. 'Rama Forte' e 'Giombo' não apresentaram um padrão de exigência térmica nos anos avaliados. A duração da colheita dos frutos não foi superior a dois meses e precisou de no máximo cerca de 950 GD para que fosse concluída. 'Pomelo' foi a cultivar menos exigente em calor, 'Giombo' teve exigência térmica intermediária, e 'Rama Forte' foi mais exigente ou tardia. Em condições de savana tropical brasileira de altitude (superior a 1000 metros) as três cultivares estudadas precisam de pelo menos 400 horas abaixo de 14°C para atender sua demanda em horas de frio e produzir frutos.

Palavras-chave: *Diospyros kaki*; graus-dia; fenologia.

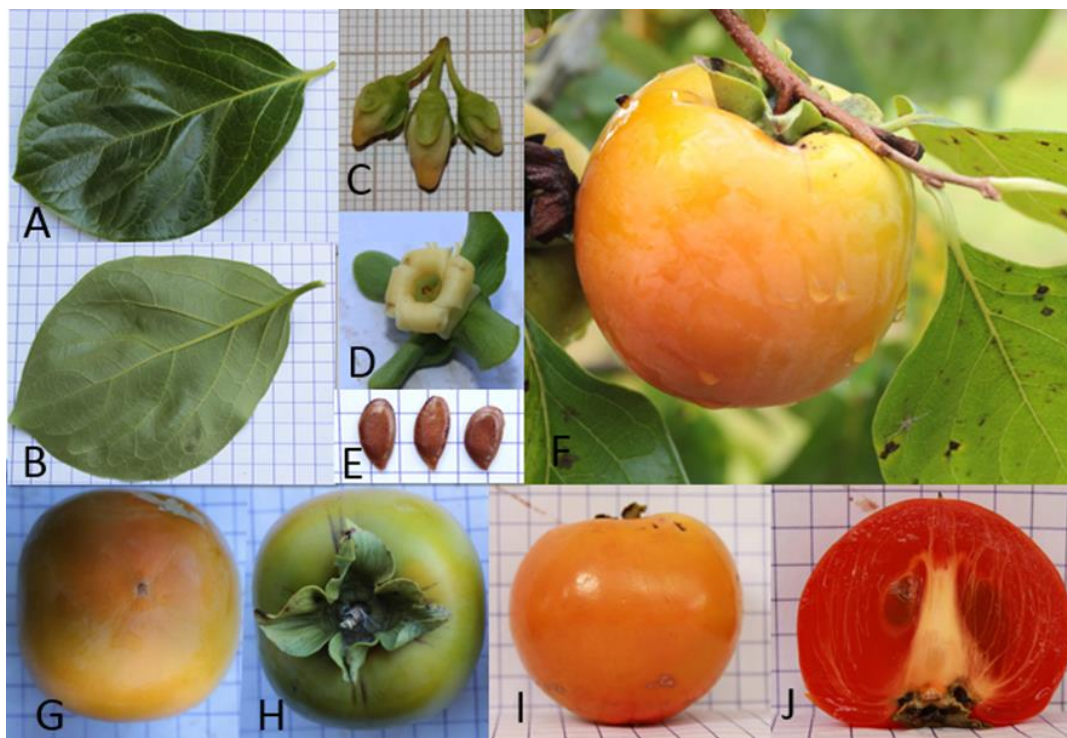
**ABSTRACT:** Despite its subtropical origin, the persimmon tree adapts well to hotter climates, such as Brazil, thanks to its low demand in cold hours. Knowing this, was sought to know the thermal demand in hours of heat and cold of three common persimmon cultivars (Rama Forte, Giombo and Pomelo), grown in Brazilian tropical savanna (Cerrado), over four years of cultivation. For thermal sum, thermal requirements were characterized from pruning to the last harvest of the fruits, as well as the interval between each phenophase. The thermal sum or degrees-day (GD) that expresses the heat accumulation by the plant, above the base temperature of the culture, was used to complete each phenological phase of its cycle. The number of accumulated cold hours (NHF) was also quantified. The phenological phases

considered were: swollen bud, green tip, sprouting, flowering, fruiting, fruits with 50% of the final size, fruits with 70% of the final size, fruits with 90% of the final size, beginning of the harvest and end of the harvest. The thermal sum results were subjected to individual variance analysis for each production cycle. Subsequently, the joint analysis was carried out and, when the ratio between the largest and the smallest average square did not exceed the value seven, the necessary splits were proceeded. The averages were compared using the Tukey test at 5% probability. Under the conditions of Brazilian tropical savannah, 'Pomelo', 'Giombo' and 'Rama Forte' were early, reaching the point of harvest with less thermal need compared to other published works. 'Rama Forte' and 'Giombo' did not show a pattern of thermal demand in the years evaluated. The duration of the harvest of the fruits was not more than two months and it needed a maximum of about 950 GD for it to be completed. 'Pomelo' was the least demanding cultivar in heat, 'Giombo' had intermediate thermal demand, and 'Rama Forte' was more demanding or late. Under conditions of Brazilian tropical savannah and altitude (above 1000 meters), the three cultivars studied need at least 400 hours below 14 ° C to meet their demand in cold hours and to produce fruits.

Keywords: *Diospyros kaki*; degree-days; phenology

### 2.3.3 Pomelo

A cultivar Pomelo (IAC 6-22) (Figura 2.3) pertence ao grupo dos caquis PCA (Martins & Pereira, 1989). A planta é vigorosa e de porte semiereto, produzindo flores femininas, hermafroditas e masculinas em grande quantidade, sendo por isso empregada também como cultivar polinizadora. As folhas (Figura 2.3F e 2.3G) são de forma elíptica ampla, com uma base aguda ampla e um ápice agudo (Martínez et al., 2017). É uma cultivar adaptada a condições tropicais, com baixa exigência em horas de frio e ciclo precoce (Martins & Pereira, 1989).



**Figura 2.4.** Folhas, flores e frutos de caquizeiro ‘Pomelo’: superfície adaxial de folha madura (A); superfície abaxial de folha madura (B); cimeira de botões florais com flor hermafrodita ao centro e uma masculina em cada lado (C); flor feminina em antese (D); sementes (E); frutos aderidos ao ramo (F); parte inferior de um fruto próximo ao ponto de colheita (G); parte superior do fruto com cálice persistente (H); fruto no ponto de colheita em vista lateral (I); corte longitudinal de fruto maduro (J). Fonte: Lucas M. Nascimento.

Os frutos são grandes, de formato globoso, com calibre médio de 68 mm e peso médio de cerca de 190 gramas (Martins & Pereira, 1989; Martínez-Calvo, 2012; Nascimento et al., 2017) (Figura 2.4). O cálice é pequeno em relação ao tamanho final do fruto e fortemente deprimido no fruto. Na maturidade comercial possui coloração externa laranja-avermelhada e polpa alaranjada. A polpa possui cerca de 19° Brix de sólidos solúveis no ponto de maturidade (Martínez et al., 2017).

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A expansão do cultivo do caqui (*Diospyros kaki* Thunb.) no Brasil e no mundo baseia-se na adaptação da cultura a diferentes ambientes, altas produtividades, alto valor comercial dos frutos e baixa incidência de doenças e pragas (Del Bubba et al., 2009; Malagón, 2015; Rauf et al. 2017; Kluge & Tessmer, 2018; Yesiloglu et al., 2018; García Martínez, 2019). Apesar disso, a maioria dos estudos com a cultura aborda aspectos

relacionados com o manejo em pós-colheita dos frutos (Candir et al., 2009; Del Bubba et al., 2009; Besada & Salvador, 2018), sendo poucos os trabalhos que estudam o comportamento da planta em campo em relação ao clima (Grellman et al., 2003; Campos, 2014; Choi et al., 2013; Park et al., 2015; Docema, 2016; Silva et al., 2016), especialmente em savana tropical.

Como para outras espécies vegetais, o ciclo de desenvolvimento do caquizeiro pode variar por conta de fatores genéticos ou ambientais, especialmente condições climáticas locais a as variações que podem ocorrer dentro e entre anos de cultivo (Martins & Pereira, 1989). A Fenologia é o ramo da biologia que estuda o relacionamento e as mudanças no ciclo de vida de uma planta de acordo com o ambiente e as variações climáticas anuais e estacionais (Lieth, 2013; Schwartz, 2013).

Para completar etapas no seu ciclo de desenvolvimento fenológico (fenofases) as plantas necessitam acumular energia em forma de calor a partir do ambiente em que estão inseridas. A determinação desse acúmulo de calor, considerando o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento vegetal, se dá por meio da soma térmica, expressa em graus-dia (Villa Nova et al., 1972; Streck et al., 2005; Tomazetti et al., 2015). Determinar a necessidade em unidades de calor (graus-dia) de uma planta possibilita prever melhor as datas dos eventos fenológicos em comparação com o uso apenas dos dias do calendário (Radünz et al., 2015; Salinas et al., 2019).

Pela origem de clima subtropical a temperado, mesmo sendo pouco exigente em comparação com outras frutíferas temperadas, o caquizeiro requer um período de frio (ou invernal), durante o outono e o inverno, para suas gemas superarem a endodormência e correta diferenciação e desenvolvimento fisiológico das gemas (George et al., 2005; Razzouk, 2007; Albuquerque et al., 2008; Campos, 2014; Intrigliolo et al., 2018). Este período invernal ocorre durante a dormência da planta, e é normalmente quantificado por meio do número de horas de frio (NHF), sendo este o tempo em que a planta está sujeita a condições de temperatura abaixo de certa temperatura base ( $T_b$ ) (Luedeling, 2012). Para frutíferas mais exigentes em frio a temperatura base é de cerca de  $7,2^{\circ}\text{C}$ , sendo esta temperatura considerada por diversos autores para o caquizeiro (Petri et al., 1996; Campoy et al., 2011; Intrigliolo et al., 2018). Por outro lado, Rozanov et al. (1976) afirmam que temperaturas abaixo de  $14^{\circ}\text{C}$  sejam suficientes para atender a demanda por frio do caquizeiro.

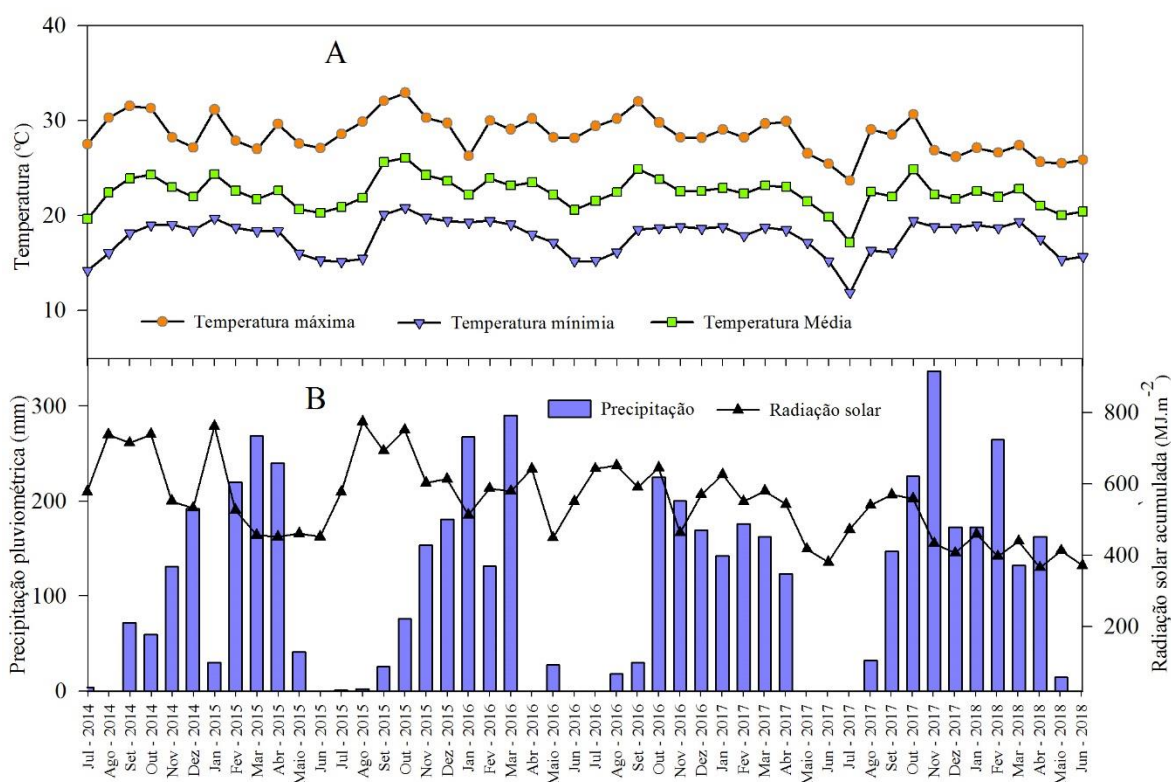
Dessa forma, conhecer o requerimento em frio e em calor dos genótipos em diferentes condições ambientais locais são de extrema importância para a escolha dos

cultivares e eficiência do manejo agrônômico a ser adotado (Montazeran et al., 2018; Kishore, 2019). Diante disso, objetivou-se determinar a exigência térmica em horas de calor e de frio de três cultivares de caqui cultivadas em savana tropical brasileira (Cerrado) ao longo de quatro anos de cultivo.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente experimento utilizou-se as cultivares de caqui comum (*Diospyros kaki* Thunb.) ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’, pertencente ao grupo dos caquis de polinização variável e adstringente (PVA) e ‘Pomelo’, do grupo dos caquis de polinização constante e adstringente (PCA). As plantas estavam em pomar experimental implantado em 2002 na Estação Experimental Rural de Anápolis, estado de Goiás, nas seguintes coordenadas geográficas 16°20’34’’ S, 48°52’29’’ O. O clima é tropical com estação chuvosa no verão e seca no inverno, ou Aw, conforme classificação de Köppen-Geiger (Cardoso et al., 2014). A área do pomar está a 1.012 metros acima do nível do mar, e por conta desta altitude as temperaturas são mais amenas. A temperatura média anual, segundo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), é de cerca de 26°C. Por ano chove até 1.800 mm, estando os maiores índices pluviométricos em janeiro enquanto que julho é o mês mais seco.

Os dados climáticos considerados para o experimento foram obtidos pela estação meteorológica vinculada ao Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO, distante 8,5 quilômetros do experimento, em altitude de 1.136 m acima do nível do mar, nas coordenadas de 16° 37’90’’ S, 48°94’57’’ O. Utilizou-se os valores mensais médios de temperatura (°C) máxima, média e mínima registrados, e os valores de precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar acumulados (MJ m<sup>-2</sup>), também mensalmente. Na Figura 01 estão representados os dados de temperatura, precipitação pluvial, e radiação solar acumulada entre julho de 2014 e junho de 2018, período em que foi conduzido o experimento.



**Figura 4.1** Temperaturas máximas, médias e mínimas (A), radiação solar acumulada e precipitação (B) registrados entre 2014 e 2018 em Anápolis, Goiás.

As podas de produção foram realizadas nas seguintes datas: 04/08/2014; 20/08/2015; 15/08/2016; 05/09/2017, coincidindo com o final do inverno na região. Para garantir o início e a uniformidade da brotação das gemas, aplicou-se cianamida hidrogenada (Dormex®), à 5% juntamente com óleo mineral (Assist®) à 3% ao final da poda das plantas. Nos períodos de estiagem e insuficiência hídrica, as plantas foram irrigadas duas vezes por semana por microaspersão. A adubação, o controle de vegetação espontânea, escoramento dos ramos, colheita e outros tratos culturais foram realizados conforme recomendações de Martins & Pereira (1989).

Anteriormente ao cálculo da soma térmica fez-se necessário conhecer a data de ocorrência de cada fenofase. Para isso, na ocasião da poda de produção, foram marcados aleatoriamente 140 ramos divididos em sete plantas, saudáveis e de porte de copa semelhante. O desenvolvimento das gemas de cada ramo foi acompanhado semanalmente e quando ocorria a mudança no desenvolvimento em mais de 50% das gemas dos ramos marcados, na data do evento era considerada como mais um nível fenológico. As avaliações ocorreram em quatro ciclos produtivos das plantas, entre 2014 e 2018.

As fases fenológicas consideradas foram baseadas no modelo proposto por García-Carbonell et al. (2002), sendo elas: gema inchada, ponta verde, brotação, florescimento, frutificação, frutos com 50% do tamanho final, frutos com 70 % do tamanho final, frutos com 90% do tamanho final, início da colheita e final da colheita.

Gema inchada (GE) ocorreu quando as gemas estavam intumescidas e apresentavam uma tonalidade dourada. A ponta verde (PV) se deu quando as gemas adquiriam aspecto anguloso e coloração verde claro, expondo a ponta do ramo novo. Brotação (BR) iniciou-se quando a gema já havia se alongado e já estava desenrolando as primeiras folhas do ramo. Quando houve a antese de mais de 50% das flores considerou-se o florescimento (FL) e, após a secagem e desprendimento da corola, com a exposição do ovário, considerou-se a frutificação (FR). Quando os frutos adquiriram cerca de 50%, 70% e 90%, consideraram-se os estágios F1, F2 e F3, respectivamente. O ponto de colheita (CO) se deu com o ápice dos frutos adquirindo tonalidade alaranjada a avermelhada. No dia da colheita do último fruto foi definido o final do ciclo (FI)

Para soma térmica, foram caracterizadas a exigências térmicas desde a poda até a última colheita dos frutos, bem como do intervalo entre cada Fenofase. Foi utilizado o somatório térmico ou graus-dia (GD) que expressa o acúmulo de calor pela planta, superior a temperatura base da cultura, para completar cada fase fenológica do seu ciclo (Docema, 2016).

O somatório de quantidade de calor é variável entre as espécies vegetais, as cultivares de uma mesma espécie e entre o método utilizado para o cálculo dessa soma (Docema, 2016). Usou-se o modelo proposto por Villa Nova et al. (1972) em que:  $GD = (T_m - T_b) + (T_M - T_m)/2$ , para  $T_m > T_b$ ;  $GD = (T_M - T_b) / 2(T_M - T_m)$ , para  $T_m < T_b$ ; e  $GD = 0$ , para  $T_b > T_M$ . Em que: GD = graus-dia;  $T_M$  = temperatura máxima diária (°C);  $T_m$  = temperatura mínima diária (°C) e  $T_b$  = temperatura base (°C). Para todas as cultivares considerou-se a temperatura base de 7,2°C, conforme recomendado por Petri et al. (1996).

Para quantificar o número de horas de frio acumuladas (NHF) escolheu-se o método analítico de Angelocci et al. (1979) por possibilitar a estimativa do NHF para diferentes valores de temperatura base e pela disponibilidade das variáveis obtidas na estação meteorológica disponível. Além disso, segundo Santos et al. (2017) o método de Angelocci é adequado para estimar o NHF calculado, aproximando-o com o NHF medido por estações climáticas precisas, quando se tem valores de NHF em torno de duzentas horas, típico de locais subtropicais.

O método de Angelocci et al. (1979) considera sete casos possíveis para o acúmulo diário do NHF:

- a) para  $T_b > T_m$ ,  $T_b \leq T_{21}$ ,  $T_b < TM_1$ ,  $T_b < TM_2$ ; utilizou-se a equação:  $NHF = 9(T_b - T_m)/(T_{21} - T_m) + 8(T_b - T_m)/(TM_2 - T_m)$
- b) para  $T_b > T_m$ ,  $T_b \geq T_{21}$ ,  $T_b < TM_1$ ,  $T_b < TM_2$ ; utilizou-se a equação:  $NHF = 6(T_b - T_{21})/(TM_1 - T_{21}) + 8(T_b - T_m)/(TM_2 - T_m)$
- c) para  $T_b > T_m$ ,  $T_b \geq TM_1$ ,  $T_b \leq TM_2$ ; utilizou-se a equação:  $NHF = 8(T_b - T_m)/(TM_2 - T_m) + 16$
- d) para  $T_b > T_m$ ,  $T_b \geq TM_2$ ,  $T_b \geq T_{21}$ ,  $T_b < TM_1$ ; utilizou-se a equação:  $NHF = 6(T_b - T_{21})/(TM_1 - T_{21}) + 17$
- e) para  $T_b > T_m$ ,  $T_b \leq T_{21}$ ,  $T_b < TM_1$ ,  $T_b > TM_2$ ; utilizou-se a equação:  $NHF = 9(T_b - T_m)/(T_{21} - T_m) + 8$
- f) para  $T_b \geq TM_1$ ,  $T_b \geq TM_2$ ; considerou-se:  $NHF = 24$  e;
- g) para  $T_b \leq T_m$ , considerou-se  $NHF = 0$

Em que, NHF é o número de horas de frio diário (h) baseado no método de Angelocci;  $T_b$  = temperatura base da frutífera, neste caso considerou-se quatro casos, com as temperaturas de 8°C, 10°C, 12°C e 14°C (°C);  $T_m$  = temperatura mínima do ar (°C);  $TM_1$  = temperatura máxima do ar do dia anterior (°C);  $TM_2$  = temperatura máxima do ar do dia em questão (°C);  $T_{21}$  = temperatura do ar às 21h (°C), entre as temperaturas máximas ocorridas em dois dias consecutivos.

Foi considerado o período compreendido entre maio e setembro, por contemplar os meses mais frios na região de Anápolis, GO. Os valores foram estimados diariamente e depois somados para formar os valores anuais.

Os resultados de soma térmica foram submetidos à análise de variância individual para cada ciclo de produção. Posteriormente, realizou-se a análise conjunta e, quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio não ultrapassou o valor sete (Banzato & Konka, 2006), procedeu-se aos desdobramentos necessários. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para analisar os resultados foi utilizado o programa estatístico SISVAR, versão 4.0 (Ferreira, 2000).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O requerimento em graus-dias (GD) para as plantas alcançarem o estágio de gema inchada não diferiu significativamente entre as cultivares nos anos de 2014 e 2017 (Tabela 4.1). Em 2015, ‘Pomelo’ precisou de maiores quantidades de calor em comparação com ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’. Em 2016 não houve diferenças entre ‘Pomelo’ e as outras cultivares, porém estas diferiram entre si.

**Tabela 4.1** Número graus-dia acumulados entre a poda e o estágio de gema inchada de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
	2014	2015	2016	2017
	-----Número de graus-dia -----			
Rama Forte	321,69 Aa	324,75 Ba	168,53 Ab	92,15 Ac
Giombo	334,60 Aa	306,10 Ba	116,30 Bb	92,15 Ab
Pomelo	357,87 Ab	420,91 Aa	133,39 ABc	92,15 Ac
CV%	16,48			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nos ciclos produtivo de 2014 e 2015 as plantas demoraram mais para iniciar o desenvolvimento, possivelmente pelo fato da poda ter sido realizada em pleno inverno, quando as plantas ainda estavam em dormência. Temperaturas mais amenas e a ausência de chuvas também podem atrasar o início do desenvolvimento das plantas, tornando necessária a suplementação hídrica quando a poda for feita precocemente.

A poda da safra de 2017 foi a mais tardia (05/09/2017), nos últimos dias do inverno, e esse motivo pode ter sido responsável pelo estágio de gema inchada ter sido mais precoce em todas as cultivares em comparação com os outros anos. Aliado a isto, nota-se que a poda foi feita durante o período de chuvas quando as temperaturas começaram a aumentar (Figura 4.1A) o que influenciou na velocidade do desenvolvimento vegetativo

Para atingir a fase de ponta verde (PV), notou-se que não houve diferenças em requerimento de GD entre as cultivares em 2014 e 2017 (Tabela 4.2). Nos dois primeiros anos de avaliações (2014 e 2015) as cultivares foram mais exigentes em calor do que em 2016 e 2017. Em 2015 a necessidade térmica de ‘Giombo’ não diferiu significativamente das outras duas cultivares, tendo o mesmo ocorrido com ‘Pomelo’ em 2016.

**Tabela 4.2** Número de graus-dia acumulados entre a poda e o estágio de ponta verde de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
----------	-----	--	--	--

	2014	2015	2016	2017
	-----Número de graus-dia -----			
Rama Forte	405,71 Aa	403,72 Ba	217,36 Ab	156,40 Ab
Giombo	374,28 Aa	430,83 ABa	150,87 Bb	134,01 Ab
Pomelo	401,92 Aa	460,92 Aa	182,98 ABb	154,10 Ab
CV%	15,41			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na região são escassos os registros de precipitação em agosto, tornando a irrigação obrigatória (Figura 4.1B). Nos estágios iniciais as gemas estão em rápido desenvolvimento e expansão celular requerendo água suficiente para seu metabolismo. O estágio de ponta verde antecede a brotação e nele torna-se visível as folhas ainda dobradas dentro da gema (García-Carbonell et al., 2002) dessa forma, a água é primordial para o correto crescimento dos brotos e, por ser um estágio relativamente curto, torna-se crítico para que o início do desenvolvimento vegetativo da planta coincida com o início do período chuvoso ou que seja feito um manejo com irrigação (Figura 4.1B).

Para todos os anos, exceto em 2017 para ‘Giombo’, constata-se que não houve diferenças no requerimento de graus-dias entre as cultivares para alcançar o estágio de brotação (Tabela 4.3). Segundo Corsato (2004), a brotação das gemas leva cerca de quatro dias após o inchamento das gemas para iniciar, coincidindo com o final do inverno. Este é um estágio de transição muito rápido o que pode explicar tal semelhança para as cultivares em todos os anos, possivelmente sendo mais relacionado ao tempo cronológico do que à exigência térmica. Do mesmo modo que para atingir o estágio de ponta verde (Tabela 4.2), nota-se que nos dois primeiros anos foram necessárias maiores quantidades de calor em comparação com os dois anos seguintes para ocorrer a mudança de fenofase (Tabela 4.3).

**Tabela 4.3** Número de graus-dia acumulados entre a poda e o estágio de brotação de três cultivares de caqui, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
	2014	2015	2016	2017
	-----Número de graus-dia -----			
Rama Forte	464,20 Aa	473,95 Aa	269,55 Ab	249,15 Ab
‘Giombo’	444,96 Aa	501,89 Aa	219,95 Ab	173,70 Bb
Pomelo	478,48 Aa	531,65 Aa	234,67 Ab	249,15 Ab
CV%	14,83			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nos anos estudados não foram constatados períodos de frio prolongado após a poda das plantas (Figura 4.1A), além do que, geadas não são registradas na região, eliminando a possibilidade ocorrência de danos por baixas temperaturas ao caquizeiro na região estudada. No momento da brotação e florescimento temperaturas baixas ou geadas podem causar abortamento das flores, desfolha, danos a planta e aos frutos (George et al., 2005; Choi et al., 2013).

Para o florescimento, no ano de 2015 as cultivares demandaram mais GD em comparação com os outros anos, salvo em 2014 para ‘Rama Forte’. Esse fato pode ter relação com o baixo índice pluviométrico observado no mês de setembro de 2015, período em que as plantas estavam em pleno desenvolvimento vegetativo. Mesmo pertencendo ao mesmo grupo de adstringência (PVA), ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’ não apresentaram um padrão de exigência térmica nos anos avaliados. (Tabela 4.4).

Em 2017, ano com a poda mais tardia, ‘Pomelo’ foi a cultivar de mais rápido florescimento, precisando de apenas 385,98 graus-dias após a poda para tal (Tabela 4.4). Em cultivos de variedades que requerem polinização, seja para reduzir o abortamento dos frutos (Ojima et al., 1976; George et al., 1992), como no ‘Fuyu’, seja para possibilitar a produção do caqui tipo “chocolate”, como do ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’ (Razzouk, 2007), ou ainda em programas de melhoramento genético, é importante que se tenha uma cultivar que produza flores masculinas. ‘Pomelo’ é uma cultivar que produz alta quantidade de flores masculinas (Ojima et al., 1976; Martins & Pereira, 1989; Razzouk, 2007; Martínez-Calvo et al., 2012), sendo assim, conhecer seu florescimento é imprescindível para programar a poda entre as cultivares (polinizadora e receptora) para que a antese das flores ocorra concomitantemente, garantindo o sucesso da fertilização dos óvulos.

**Tabela 4.4** Número de graus-dia acumulados entre a poda e o florescimento de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
	2014	2015	2016	2017
	-----Número de graus-dia -----			
Rama Forte	834,37 Aa	881,58 Aa	594,91 Ab	459,15 Bc
Giombo	758,30 Bb	856,05 ABa	546,40 Ac	552,31 Ac
Pomelo	718,30 Bb	815,95 Ba	578,73 Ac	385,98 Cd
CV%	7,29			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Salienta-se que os valores representam um florescimento pleno, quando cerca de 50% das flores já abriram, sendo possível que haja flores disponíveis mais precocemente ou mais tardiamente. O florescimento do caquizeiro, normalmente, dura mais de doze dias, tendendo a ser mais extenso em plantas mais velhas (Grellmann et al., 2003; Corsato, 2004).

O florescimento ocorreu próximo aos meses mais quentes, entre setembro e novembro, juntamente com as chuvas (Figura 4.1B), atendendo a demanda hídrica da planta. Durante o período da brotação e da formação de flores, a umidade adequada do solo é fundamental para garantir a produtividade (Yesiloglu et al., 2018). Estresse hídrico em associação com altas temperaturas durante a diferenciação floral pode induzir a má formação dos pistilos nos primórdios florais, ocasionando a formação de frutos deformados (George et al., 1997; Watanabe 1985; Zilkah et al., 2009). Para evitar tais problemas, podas tardias, como em 2017, podem ser alternativa à falta de umidade do solo em cultivos sem irrigação, desde que se tenha cuidado com anos excessivamente quentes.

Badal et al. (2013) constataram o florescimento do caqui “Rojo Brillante” com cerca de 185 a 217 GD em Valencia, Espanha. Apesar destes valores serem muito inferiores ao constatado no presente estudo, salienta-se que diferentes cultivares e métodos de cálculo influenciam diretamente nestes resultados. Badal et al. (2013) não especificaram qual método foi empregado para o cálculo do requerimento térmico, somente a temperatura basal, que foi de 10°C, o que por si só pode ter relação direta com essa diferença entre os dois estudos.

Quanto à frutificação, somente no ano de 2016 foi constatada exigência térmica semelhante entre as cultivares, com variação (do menor para o maior valor) somente de 7,51%, em comparação com outros anos (Tabela 4.5). No ano de 2014 e 2015 ‘Rama Forte’ foi mais exigente em calor. Para todas as cultivares, a frutificação ocorreu cerca de quatro dias após ser constatado o florescimento pleno. Durante a frutificação não foram observadas temperaturas inferiores a 15°C (Figura 4.1A), que poderiam ocasionar ranhuras longitudinais na epiderme dos frutos que, ao crescerem, se tornarão suberizadas e degradarão o valor comercial dos mesmos (Bignell et al., 2017)

**Tabela 4.5** Número de graus-dia acumulados entre a poda o estágio de frutificação de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
	2014	2015	2016	2017
-----Número de graus-dia -----				

Rama Forte	1032,50 Ab	1104,60 Aa	647,17 Ac	680,90 Ac
Giombo	920,25 Bb	1032,25 Ba	609,84 Ad	703,53 Ac
Pomelo	902,20 Bb	1012,70 Ba	655,62 Ac	537,17 Bd
CV%	5,43			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para os frutos alcançarem 50% do tamanho final (estágio F1), constata-se que a cultivar Giombo não apresentou um padrão de exigência térmica, ocorrendo um decréscimo na quantidade de calor requerida ao longo dos anos para esta cultivar (Tabela 4.6). Este fato pode ser explicado pelas podas mais tardias realizadas em 2016 e 2017. Em 2014 e 2017 os frutos de ‘Giombo’ foram os mais precoces para alcançarem 50% do tamanho final, que os de outras cultivares.

**Tabela 4.6** Número de graus-dia acumulados entre a poda e o estágio de F1 (frutos com 50% do tamanho final) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
	2014	2015	2016	2017
	-----Número de graus-dia -----			
Rama Forte	1545,98 Aa	1286,50 Ab	1316,65 Ab	1507,07 Aa
Giombo	1430,55 Ba	1295,89 Ab	1278,07 Abc	1229,52 Bc
Pomelo	1557,55 Aa	1248,15 Ab	1308,20 Ab	1279,07 Ab
CV%	3,34			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O ano de 2014 foi o qual ocorreram maiores necessidades de calor para todas as cultivares, em comparação com outros anos, salvo ‘Rama Forte’ em 2017 (Tabela 4.6). Durante o ciclo do caquizeiro, as temperaturas média, máxima e mínima do ar exercem grande influência na duração de cada fenofase (Choi et al., 2013) e, no período de crescimento dos frutos, a temperatura média do ar afeta diretamente a produtividade e quantidade final de frutos por planta (Park et al., 2015).

Observa-se que em todos os anos de avaliação, ‘Rama Forte’ foi uma das cultivares mais exigentes em horas de calor (Tabela 4.7), para que seus frutos alcançassem 70% do tamanho final. Em 2014 ‘Pomelo’ necessitou de mais GD para alcançar o estágio F2 em comparação com outros anos. Esse fato indica que podas mais precoces possivelmente aumentam a necessidade de calor desta cultivar para alcançar este estágio fenológico.

**Tabela 4.7** Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o estágio de F2 (frutos com 70% do tamanho final) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
	2014	2015	2016	2017
-----Número de graus-dia -----				
Rama Forte	1982,39 Ab	1905,00 ABbc	1807,78 Ac	2234,94 Aa
Giombo	1811,42 Bb	1965,85 Aa	1690,92 Abc	1618,89 Cc
Pomelo	2063,43 Aa	1802,70 Bb	1747,92 Ab	1811,19 Ab
CV%	4,98			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao se comparar o requerimento térmico das cultivares entre os anos, nota-se que quanto mais tardia a poda, menos horas de calor foram necessárias para se alcançar o estágio F3 (Tabela 4.8), sendo este fato explicado pelo crescimento e desenvolvimento mais rápido da planta em condições de temperatura elevada (Choi et al., 2013). Esse requerimento variável em horas de calor refletirá na época da colheita, já que esta depende da relação entre a taxa de crescimento dos frutos e o clima (Choi et al., 2013).

**Tabela 4.8** Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o estágio de F3 (frutos com 90% do tamanho final) de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
	2014	2015	2016	2017
-----Número de graus-dia -----				
Rama Forte	2799,07 Bab	2845,41 Aa	2602,83 Ac	2683,67 Abc
Giombo	2758,56 Ba	2854,58 Aa	2593,16 Ab	2351,06 Bc
Pomelo	3055,00 Aa	2530,63 Bb	2405,22 Bb	2440,70 Bb
CV%	3,85			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na região de Piracicaba, SP, as cultivares Giombo e Rama Forte ao atingirem valores de 3047 GD e 2918 GD respectivamente, iniciaram a alteração na coloração de seus frutos, de verde para amarelo, (Docema, 2016). Na região de Anápolis, GO, esses valores em GD só foram atingidos próximos ao momento da colheita (Tabela 4.9), indicando que os

frutos precisaram de menos valores de GD para alterar sua coloração. Levando-se em conta que os frutos só serão colhidos quando a casca adquirir tons alaranjados, em condições mais quentes, esta colheita ocorrerá precocemente.

**Tabela 4.9** Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o início da colheita de três cultivares de caquizeiro, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
	2014	2015	2016	2017
	-----Número de graus-dia -----			
Rama Forte	3242,80 Aa	2984,09 Ab	2974,77 Ab	3111,05 Aab
Giombo	3228,95 Aa	2952,70 Ab	2971,74 Ab	2548,92 Bc
Pomelo	3181,08 Aa	2798,73 Bb	2867,05 Ab	2559,92 Bc
CV%	3,91			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

No período final de desenvolvimento do fruto, percebe-se o aumento da exigência térmica para os frutos atingirem 90% do tamanho final (Tabela 4.8) em comparação com outros períodos (Tabela 4.7 e 4.6). Este comportamento pode ser causado pela influência da temperatura, uma vez que, durante o desenvolvimento dos frutos, temperaturas altas retardam o crescimento e o amadurecimento, ocorrendo o inverso em situações de temperatura mais amena (Sugiura et al., 1991; George et al., 2005; Candir et al., 2009). Por outro lado, próximo ao final da maturação dos frutos, temperaturas excessivamente altas podem ser prejudiciais ao tamanho final do fruto, em parte, porque aceleram a maturação (Woolf & Ben-Arie 2011).

Para o início da colheita, constatou-se diferenças significativas entre as cultivares somente nos anos de 2015 e 2017 (Tabela 4.9). Nos anos de estudo, ‘Rama Forte’ foi a cultivar que mais precisou de horas de calor para completar seu ciclo, o que pode ser explicado pelo fato desta ser uma cultivar de ciclo tardio, especialmente em comparação com ‘Pomelo’ (Razzouk, 2007; Docema, 2016).

Comparando-se as necessidades de calor das cultivares ao longo dos anos, constata-se que, para ‘Pomelo’ e ‘Giombo’, a data da poda influenciou a época da colheita. No ano de 2014, com a poda mais precoce, as plantas precisaram de mais graus-dias para o amadurecimento dos frutos. Em 2017, ano com a poda mais tardia, foi quando ambas cultivares apresentaram menor requerimento de calor.

Para ‘Rama Forte’, a poda precoce ou muito tardia, fez com que os frutos demorassem mais tempo para atingir o ponto de colheita. A poda precoce pode resultar em

atraso do início da brotação pelo fato da planta ainda não ter passado por todo repouso hibernar. Por outro lado, podas tardias levam a um desenvolvimento físico reduzido dos frutos por conta das temperaturas mais elevadas do verão que aumentam a respiração, levando a um decréscimo no acúmulo de carboidratos (George et al., 1997; Choi et al., 2013; Park et al., 2015). Segundo Radünz et al. (2015), em videiras, temperaturas amenas durante o desenvolvimento em anos diferentes leva a uma maior necessidade térmica pela planta nos anos mais frios, ocasionando um ciclo mais longo em dias.

Em dois anos de avaliação sob clima tropical úmido, Docema (2016) encontrou que ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ necessitaram de 4559 GD para atingirem a maturação. Com base nesses resultados e ao comparar com os obtidos no presente estudo, pode-se concluir que sob as condições de savana tropical brasileira, ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ foram precoces, atingindo o ponto de colheita com menor necessidade térmica. Por outro lado, apesar de ser bastante empregado, o conceito de graus-dia assume que a relação entre a temperatura e o desenvolvimento da planta é linear, excluindo outros fatores ambientais que variam entre as regiões (Pedro Júnior et al., 2006), o que poderia ser responsável pelas diferenças. Apesar disso, o conceito de graus-dia ainda é um dos métodos mais precisos para se estimar o tempo dos processos biológicos do que qualquer outra medida cronológica (Salazar-Gutierrez et al., 2013).

Em locais de baixa temperatura, o amarelecimento da casca do fruto, tanto de cultivares PCA quanto de PCNA, ocorre mais cedo o que leva a uma colheita mais precoce dos frutos (Zheng et al., 1990). No presente experimento o início da colheita dos frutos ocorreu durante o verão quando as temperaturas são elevadas (Figura 4.1A), possivelmente retardando as mudanças na coloração externa dos mesmos. Apesar desse atraso, em regiões mais quentes, os frutos possivelmente terão maior intensidade de cor e de teores de sólidos solúveis e menores quantidades de taninos solúveis, em comparação com os oriundos de climas mais amenos (Zheng et al., 1990; Besada & Salvador, 2018; Intrigliolo et al., 2018).

Outro fator que influencia no amadurecimento dos frutos é a precipitação durante o desenvolvimento dos mesmos. Estresse hídrico no final do desenvolvimento dos frutos pode provocar o amadurecimento precoce dos mesmos, por aumentar a respiração celular e desencadear a produção do etileno (Ben-Arie et al. 2008; Intrigliolo et al. 2011; Bignell et al., 2017; Besada & Salvador, 2018; Intrigliolo et al., 2018). Por outro lado, altas taxas de chuvas, associadas ao encharcamento do solo, durante o período final de desenvolvimento do fruto (fase III) podem ativar a liberação do etileno (1 ppm é suficiente para resposta) o

que inicia o amadurecimento precoce dos frutos (Mochida & Itamura, 2007; Ben-Arie et al., 2008; Bignell et al., 2017). No experimento, o início das colheitas sempre foi durante período de chuvas no verão da região (Figura 4.1B), o que pode ter antecipado a colheita e reduzido o tamanho final dos frutos.

Quanto ao final do ciclo da cultura (data da colheita dos últimos frutos), em todos os anos, ‘Pomelo’ foi a cultivar mais precoce (Tabela 4.10). A variação entre as cultivares pode ser atribuída a características intrínsecas de cada variedade bem como as condições meteorológicas de cada ano (Brixner et al., 2010). ‘Pomelo’ é considerada mais adaptada ao clima quente em comparação com as outras estudadas sendo, por isso, menos exigente em horas de calor e, portanto, mais precoce (Martins & Pereira, 1989). Para esta cultivar, juntamente com ‘Giombo’, é possível notar que quanto mais tardia foi feita a poda, menos horas de calor as plantas necessitaram para completar o ciclo de produção. Pode-se afirmar também que, comparativamente, ‘Giombo’ apresentou exigência térmica intermediária enquanto que ‘Rama Forte’ foi mais exigente.

**Tabela 4.10** Número de graus-dia (GD) acumulados entre a poda e o final da colheita de três cultivares de caqui, em quatro ciclos produtivos em Anápolis-GO.

Cultivar	Ano			
	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018
	-----Número de graus-dia -----			
Rama Forte	4184,11 Aa	3871,24 Ab	3786,57 Ab	3732,16 Ab
Giombo	3985,98 Ba	3765,69 Ab	3657,36 Abc	3498,70 Bc
Pomelo	3754,53 Ca	3521,85 Bb	3443,91 Bb	3178,12 Cc
CV%	3,48			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

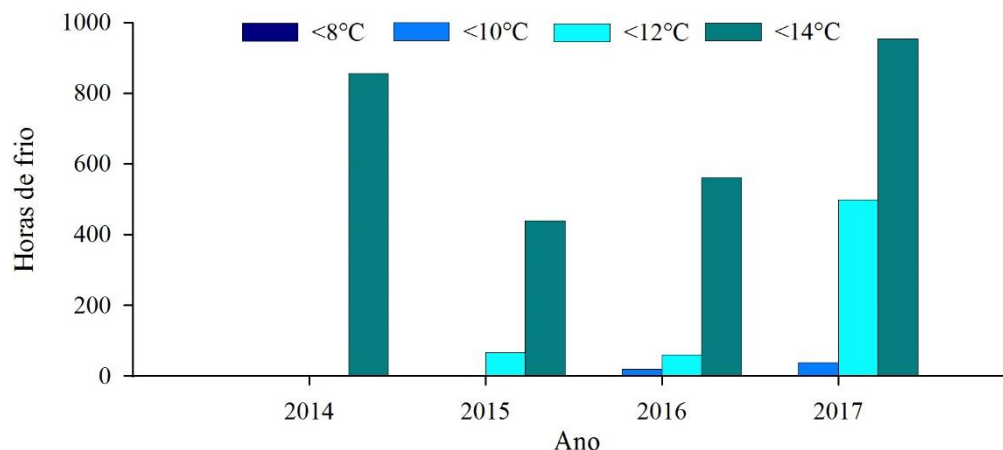
O desenvolvimento da planta não é determinado somente pela soma térmica, podendo sofrer interferências de diversos fatores relacionados aos raios solares como o fotoperíodo, a altitude, a latitude, precipitação, amplitude térmica e a incidência solar (Vieira et al., 2011; Tomazetti et al., 2015; Kishino et al., 2019). Como Anápolis situa-se a uma altitude de cerca de 1000 metros acima do nível do mar, isto pode levar a um desenvolvimento mais lento da planta comparada a outros locais com as mesmas latitudes. Além disso, a presença de nuvens durante o ciclo de produção pode também retardar o ciclo fenológico da planta em função da redução de radiação solar.

A poda realizada no início de agosto foi a que ocasionou à ‘Rama Forte’ o maior ciclo de desenvolvimento, enquanto que, para as podas realizadas a partir da metade do mesmo mês, não houve diferenças quanto ao final da colheita. Esse fato pode ser justificado pela planta ainda não ter passado por todo o período de repouso hibernar o que demandou maior tempo para concluir seu ciclo (Martins & Pereira, 1989; George et al., 1997; Park et al., 2015).

O final da colheita ocorreu entre o final do verão e início o outono, a partir de março e, nesse período, constatou-se o início do decréscimo das temperaturas médias (Figura 4.1A). Segundo George et al. (2005), temperaturas mais amenas no período da colheita, aumentam a coloração avermelhada externa dos frutos fazendo que os frutos adquiram ponto de colheita mais rápido e apresentem características visuais mais atrativas.

A duração da colheita dos frutos não foi superior a dois meses e precisou de no máximo cerca de 950 GD para que fosse concluída. Apesar de ser curto, este período está de acordo com Besada & Salvador (2018) que afirmam que, normalmente, a colheita do caquizeiro não dura mais do que três meses.

Em 2014 não foram constatadas horas de frio abaixo de 12°C, e em 2015 somente 439,97 horas abaixo de 14°C foram registradas e, ainda assim, as plantas produziram normalmente (Figura 4.2). Quando há insuficiência de horas de frio, frutíferas se comportam de forma errática e diversos problema relativos a brotação são observados como: dominância apical, antecipação da brotação de gemas terminais gerando paradormência, atraso no desenvolvimento das gemas e baixo enfolhamento. (Marodini et al., 2002; Razzouk, 2007), sendo possível também que haja queda ou até mesmo ausência de produção (Erez, 2000; Aslamarz et al., 2009). Outro fator importante é que, em locais com invernos mais quentes, genótipos exigentes em frio tem menos possibilidade de sucesso de cultivo em comparação com cultivares menos exigentes em frio (Montazeran et al., 2018).



**Figura 4.2** Horas de frio registradas em quatro anos de cultivo em Anápolis-GO, segundo a fórmula de Angelocci et al. (1979), considerando-se quatro temperaturas basais diferentes para o caquizeiro ( $T_b = 8^{\circ}\text{C}$ ;  $10^{\circ}\text{C}$ ;  $12^{\circ}\text{C}$  e  $14^{\circ}\text{C}$ ).

No decorrer do experimento não foi registrada nenhuma temperatura inferior a  $7,2^{\circ}\text{C}$ . Segundo Angelocci et al. (1979), quando são consideradas temperaturas basais baixas, como  $7^{\circ}\text{C}$ , seu método tende a subestimar o número de horas de frio. Ainda assim, pela ausência de registros de temperaturas diárias abaixo da temperatura basal da cultura, provavelmente as cultivares avaliadas apresentam temperatura basal superiores a  $7,2^{\circ}\text{C}$ .

Mowat et al. (1995) afirmam que a superação da dormência e produção do caquizeiro podem ocorrer em locais sem o período invernal. Segundo Ou & Chen (2000), em condições tropicais e subtropicais, a geografia local, especialmente a altitude, afeta o acúmulo de frio. Mesmo com o clima tropical, Anápolis está localizada a mais de 1050 metros acima do nível do mar, o que faz com que as temperaturas sejam mais amenas e, provavelmente, esta altitude influenciou na superação da dormência do caquizeiro na região.

Baseado nestes resultados, conclui-se que em condições de altitude (superior a 1000 metros) as três cultivares estudadas tem menor exigência em frio, precisando de pelo menos 400 horas abaixo de  $14^{\circ}\text{C}$  para atender sua demanda e produzir frutos. Estes dados corroboram com Rozanov et al. (1976) que afirmaram que a demanda por frio do caquizeiro pode ser atendida por temperaturas abaixo de  $14^{\circ}\text{C}$ .

Se a demanda de horas de frio do caqui é atendida as brotações tendem a ser mais rápidas e uniformes e os frutos apresentam melhor qualidade enquanto que regiões quentes apresentam potencial de produção precoce (Mowat et al., 1995; George et al., 2005). No presente experimento, no dia da poda foi aplicada a cianamida hidrogenada visando

uniformizar a brotação das plantas. Este fato pode ter mascarado a ausência de horas de frio que pode ocasionar brotações desuniformes. De toda forma, em condições de clima mais quentes, recomenda-se que se aplique cianamida hidrogenada para uniformizar a brotação das gemas e se obter produção satisfatória (Mizobutsi et al. 2004; Bezerra, 2007).

As cultivares estudadas pertenciam ao grupo das cultivares adstringentes. Em comparação com cultivares adstringentes, as cultivares não-adstringentes demandam condições mais quentes para a maturação e, além disso, podem manter sua adstringência quando crescem em locais com temperaturas relativamente baixas (George et al., 1997).

#### 4.4 CONCLUSÕES

Em condição de savana tropical, para ‘Pomelo’ e ‘Giombo’, quanto mais tardia for feita a poda menos horas de calor as plantas necessitam para completar o ciclo de produção.

Comparativamente, nas condições estudadas, ‘Pomelo’ foi a cultivar menos exigente em calor, ‘Giombo’ teve exigência térmica intermediária, e ‘Rama Forte’ foi mais exigente ou tardia.

Sob as condições de savana tropical brasileira, ‘Pomelo’, ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ foram precoces. Mesmo pertencendo ao mesmo grupo de adstringência (PVA), ‘Rama Forte’ e ‘Giombo’ não apresentaram um padrão de exigência térmica nos anos avaliados.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

ALBURQUERQUE, N.; GARCÍA-MONTIEL, F.; CARRILLO, A.; BURGOS, L. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. **Environmental and Experimental Botany**. v. 64, n. 2, p. 162-170, 2008.

ANGELOCCI, L. R.; CAMARGO M. G. P.; PEDRO JR., M. J.; ARTOLAI, A. A.; ALFONSI, R. R. Estimativa do total de horas frias abaixo de determinada temperatura-base através das medidas diárias de temperatura do ar. **Revista Científica de Agronomia**, v.38, n.4 p.27-36, 1979.

ASLAMARZ, A. A.; VAHDATI, K.; RAHEMI, M.; HASSANI, D. Estimation of chilling and heat requirements of some Persian walnut cultivars and genotypes. **HortScience**, v. 44, n.3, p. 697-701, 2009.

BADAL, E.; EL-MAGEED, T. A. A.; BUESA, I.; GUERRA, D.; BONET, L.; INTRIGLILOLO, D. S. Moderate plant water stress reduces fruit drop of “Rojo Brillante” persimmon (*Diospyros kaki*) in a Mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, v. 119, p. 154-160, 2013.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP. 2006. 237p.

BEN-ARIE, R.; ZILKAH, S.; KLEIN, I.; GAMRASNI, D. Persimmon and environment: soil and water management for high quality fruit production. **Advances in Horticultural Science**, v.22, n.4, p. 286-293, 2008.

BESADA, C.; SALVADOR, A. Postharvest Biology and Technology of Persimmon. In **Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits**. Springer, Cham. p. 371-393, 2018.

BIGNELL, G.; BRUUN D.; OAG, D.; GEORGE, A.; NISSEN, B. **Persimmon postharvest manual**. Queensland Department Primary Industries and Fisheries. Segunda Edição – novembro 2017.

BRIXNER, G. F.; MARTINS, C. R.; do AMARAL, U.; KÖPP, L. M.; de OLIVEIRA, D. B. Caracterização fenológica e exigência térmica de videira *Vitis vinífera* cultivadas no município de Uruguaiana na região da fronteira oeste – RS. **Revista da Faculdade de Zootecnia Veterinária e Agronomia**, v.17, p.249-261, 2010.

CAMPOS, S. S. D. **Fenologia, estudo da biologia floral, fertilidade do pólen e produção em cultivares de caquizeiro (*Diospyros kaki* L. e *Diospyros virginiana* L.)**. 65p. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Fevereiro, 2014.

CAMPOY, J. A.; RUIZ, D.; EGEEA, J. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 130, p. 357-372, 2011.

CANDIR, E. E.; OZDEMIR, A. E.; KAPLANKIRAN, M.; TOPLU, C. Physico-chemical changes during growth of persimmon fruits in the East Mediterranean climate region. **Scientia Horticulturae** v. 121, p. 42-48, 2009.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v.8, n. 16, p. 40- 55, 2014.

CHOI, S.T.; PARK, D.S.; SON, X.Y.; PARK, Y.O.; HONG, K.P.; CHO, K.S. Climate related changes in fruit growth of ‘Fuyu’ persimmon during the harvest season. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology** v.31, p.32-37, 2013.

CORSATO, C. (2004). **Fenologia e carboidratos de reserva do caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) ‘Rama Forte’ em clima tropical**. 2004. 42 p. Tese (Doutorado em Horticultura) – Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

DEL BUBBA, M.; GIORDANI, E.; CINCINELLI, A.; CHECCHINI, L.; GALVAN, P. Nutraceutical properties and sugar contents in astringent persimmons during on-tree growth and ripening and in response to different postharvest treatments. **J. Food Compos. Anal.** n. 22, p. 668–677, 2009.

DOCEMA, M. L. **Fixação de frutos de caqui, sua relação com o acúmulo de graus-dia e a aplicação de ácido giberélico**. 63 p. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

EREZ, A. Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In **Temperate fruit crops in warm climates** (pp. 17-48). Springer, Dordrecht, 2000.

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0**. Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, v. 45, n. 2000, p. 235, 2000.

GARCÍA-CARBONELL, S.; YAGÜE, B.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U.; AGUSTÍ, M. Phenological growth stages of the persimmon tree (*Diospyros kaki*). **Annals of Applied Biology**, v.141, n.1, p. 73-76, 2002.

GARCÍA MARTÍNEZ, FRANCISCO O. **Bases para una gestión integrada de plagas en el cultivo de caqui en la Comunidad Valenciana**. Tese de Doutorado. Facultad de Ciencias de la Universidad de Alicante- Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. 134 p. 2019.

GEORGE, A. P.; MOWAT, A. D. COLLINS, R. J. Factors affecting blemishing of persimmon in New Zealand and Australia. **Acta Horticulturae**, v. 436, p. 171–178, 1997.

GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J.; MORLEY-BUNKER, M. J.; COLLINAS, R. Effects of pollination and fruiting of persimmon in subtropical Australian. **Journal of Horticultural Sciences**. v. 68, p. 447–454, 1992.

GEORGE, A.; NISSEN, B.; BROADLEY, R.; COLLINS, R.; RIGDEN, P.; JEFFERS, S.; ISAACSON, B.; LEDGER, S. (2005). **Sweet Persimmon Grower’s Handbook**. Queensland Department Primary Industries and Fisheries Information Series qi05102.

GRELLMANN, E. O.; SIMONETTO, P. R.; FIORAVANÇO, J. C. Comportamento fenológico e produtivo de cinco cultivares e uma seleção de caquizeiro em Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1-2, p. 71-76, 2003.

INTRIGLILOLO, D. S.; BONET, L.; FERRER, P.; BESADA, C.; SALVADOR, A. Short-term effects of regulated deficit irrigation of ‘Rojo Brillante’ persimmon (*Diospyros kaki*)—

Yield, fruit quality and post-harvest performance. **Acta Horticulturae**, v. 922, p. 113–120, 2011.

INTRIGLIOLO, D. S.; VISCONTI, F.; BONET, L.; PARRA, M.; BESADA, C.; ABRISQUETA, I.; RUBIO J. S.; de PAZ, J. M. Persimmon (*Diospyros kaki*) trees responses to restrictions in water amount and quality. **Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment**, p. 149–177, 2018.

KISHINO, A.Y.; MARUR, C.J.; ROBERTO, S.R. **Características da planta**. In: KISHINO, A.Y., CARVALHO, S.L.C., ROBERTO, S.R. (Eds.), *Viticultura Tropical: o sistema de produção de uvas de mesa no Paraná*. pp. 155–249. 2019

KISHORE, K. Phenological growth stages and heat unit requirement of Indian blackberry (*Syzygium cumini* L., Skeels), **Scientia Horticulturae**, Volume 249, Pages 455-460, 2019.

KLUGE, R. A.; TESSMER, M. A. Caqui — *Diospyros kaki*. in **Exotic Fruits Reference Guide 1st Edition** Editors: RODRIGUES S.; SILVA E.; BRITO, E. de. p.113 – 118, 2018.

LIETH, H. (Ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Springer Science & Business Media. v.8, 2013.

LUEDELING, E. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 144, p. 218–229, 2012.

MALAGON CAÑIZARES, J. "Diseño y manejo de la plantación del caqui" em: **El cultivo del caqui**, A. Valencia : Generalitat Valenciana. 2015. ISBN:978-84-482-6018-7.

MARODINI, G. A. B.; SARTORI, I. A.; GUERRA, D. S. Efeito da aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral na quebra de dormência e produção de pessegueiro – "Flamecrest". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p.426-430, 2002.

MARTÍNEZ-CALVO, J.; BADENES, M. L.; LLÁCER, G. 2012 **Fichas Varietales Caqui Banco Germoplasma** Madrid : Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), 78 p.; il., 2012.

MARTINS, F. P.; PEREIRA, F. M. **Cultura do caqui**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 71p.

MIZOBUTSI, G. P.; BRUCKNER, C. H.; SALOMÃO, L. C. C.; NEVES, J. C. L. Antecipação da colheita de caqui "Costata" através da quebra de dormência com cianamida hidrogenada e óleo mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 209-211, 2004

MOCHIDA, K.; ITAMURA, H. Cause of pre-harvest fruit softening and comparison among early-ripening strains of Japanese persimmon 'Saijo'. **Hort. Res.** (Japan), v. 6, p. 97-103, 2007.

MONTAZERAN, A.; KHADIVI, A.; KHALEGHI, A. The first report: Chilling and heat requirements of seedless barberry (*Berberis vulgaris* L. var. *asperma*). **Scientia Horticulturae**, v. 231, p. 188-193, 2018.

MOWAT, A.D.; COLLINS, R.J.; GEORGE, A.P. Cultivation of persimmon (*Diospyros kaki* L.) under tropical conditions. **Acta Hortic.** v. 409, p. 141–149, 1995.

OJIMA, M.; CAMPO-DALL'ORTO, F. A.; RIGITANO, O.; & IGUE, T. Pegamento e desenvolvimento dos frutos do caquizeiro e de seu relacionamento com a presença de sementes. **Boletim técnico nº 34**. Campinas, Instituto Agrônomo, 14p. 1976.

OJIMA, M.; DALL'ORTO F. A. C.; BARBOSA W.; TOMBOLATO A. F. C.; RIGITANO O. Frutificação alternada em caqui cultivar Pomelo (IAC 6-22). **Bragantia**, v. 44, n. 1, p. 481-486, 1985.

OU, S.K.; CHEN, C.L. Estimation of the chilling requirement and development of a low-chill model for local peach trees in Taiwan. **J. Chin. Soc. Hort. Sci.** v. 46, p. 337–350, 2000.

PARK, Y.; KIM, M. J.; PARK, S. B.; OH, S. I. Effect of Weather Conditions on Fruit Characteristics and Yield of 'Sangjudungsi' Persimmon Cultivar in Sangju, Gyeongsangbuk-do. **Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology**, v. 17, n. 4, p. 340-347, 2015.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; ABRAMIDES, P. L. G.; POMMER, C. V.; PEZZOPANE, J. R. M.; Fenologia e produção da cultivar tetraploide de uva de mesa Niabell sobre diferentes porta-enxertos. **Bragantia**, vol. 65, no. 1, pp. 109-114, 2006.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J. P. H.; MATOS, C. S.; POLA, A. C. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. EPAGRI, 110 p.1996.

RADÜNZ, A. L.; SCHÖFFEL, E. R.; BORGES, C. T.; MALGARIM, M. B.; PÖTTER, G. H. Necessidades térmicas de videiras na região da Campanha do Rio Grande do Sul-Brasil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, 2015.

RAUF, A.; UDDIN, G.; PATEL, S.; KHAN, A.; HALIM, S. A.; BAWAZEER, S.; MUBARAK, M. S.. *Diospyros*, an under-utilized, multi-purpose plant genus: A review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 91, p. 714-730, 2017.

RAZZOUK, P. L. G. **Avaliação fenológica de variedades de caquizeiro *Diospyros kaki* L. e propagação por estaquia em regiões tropicais**. 2007. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho”, Ilha Solteira, 2007.

ROZANOV B. S.; VOROBÉVA L. T. Winter dormancy in subtropical and nut crops. **Horticultural Abstracts** (1978) v. 48, n. 9, p. 8.632, 1976.

SALAZAR-GUTIERREZ, M. R.; JOHNSON, J.; CHAVES, B.; HOOGENBOOMA, G. Relationship of base temperature to development of winter wheat. *International Journal of Plant Production*. v.7. p. 741-762, 2013.

SALINAS, I.; HUESO, J. J.; CUEVAS, J. Fruit growth model, thermal requirements and fruit size determinants in papaya cultivars grown under subtropical conditions. *Scientia Horticulturae*, 246, 1022–1027, 2019.

SANTOS, D. F.; LEITE, R. R. M., & MARTINS, F. B. Avaliação de métodos de estimativa de número de horas frio para o sul e sudoeste do Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21, 2017

SCHWARTZ, M. D. **Phenology: an integrative environmental science**. 2 ed., Springer, 2013.

SILVA, M. J. R.; FERREIRA, T. E.; DOMICIANO, S.; PAIVA, A. P. M.; TECCHIO, M. A.; LEONEL, S. Phenology, yield and fruit quality of four persimmon (*Diospyros kaki* L.) cultivars in Sao Paulo's Midwest countryside, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 52, p. 5171-5177, 2016.

STRECK, N.A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; SCHNEIDER, F.M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. *Ciência Rural*, v.35, p.1275-1280, 2005.

SUGIURA, A.; ZHENG, G.H.; YONIMORI, K. Growth and ripening of persimmon fruit at controlled temperatures during growth stage III. *Horticultural Science*, v. 26, n. 5, p. 574, 1991.

TOMAZETTI, T. C.; ROSSAROLLA, M. D.; ZEIST, A. R.; GIACOBBO, C. L.; WELTER, L. J.; ALBERTO, C. M. Fenologia e acúmulo térmico em videiras viníferas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.50, n.11, p.1033-1041, nov. 2015

VIEIRA, H. J.; BACK, Á. J.; SILVA, A. L. da; PEREIRA, E. S. Comparação da disponibilidade de radiação solar global e fotoperíodo entre as regiões vinícolas de Campo Belo do Sul SC, Brasil e Pech Rouge, França. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, p.1055-1065, 2011.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas: máximas e mínimas. *Caderno de Ciências da Terra*, São Paulo, v. 30, 8p, 1972.

WATANABE, S.; Morphological studies of flower initiation in deciduous fruit trees by scanning electric microscopy. Japanese persimmon, apple, pear and sweet cherry. *Bull Yamagata University Agricultural Science*, v. 9, p. 515-531, 1985.

WOOLF, A. B.; BEN-ARIE, R. (2011). Persimmon (*Diospyros kaki* L.). **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**, p. 166–194.

YESILOGLU, T.; CIMEN, B.; INCESU, M.; YILMAZ, B. Genetic Diversity and Breeding of Persimmon. In. **Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops**. IntechOpen. 2018.

ZHENG, G. H.; TAIRA, S.; YONEMORI, K.; SUGIURA, A. Fruit growth and ripening of Japanese persimmons (*Diospyros kaki* Thunb.) grown at two locations with different temperature conditions. **J. Jpn. Soc. Hortic. Sci** v. 59, p. 471–477, 1990.

ZILKAH, S.; DAVID, I.; LAZAR, M.; ROTBAUM, A.; FAINGERSH, E. The effect of irrigation and shading on fruit deformation of persimmon cv. 'Triumph'. **Acta Horticulturae** v. 833, p. 319-324, 2009.

## 5. CURVA DE MATURAÇÃO DE CULTIVARES DE CAQUI EM CLIMA TROPICAL

## 5. MATURATION CURVE OF PERSIMMON CULTIVARS IN TROPICAL CLIMATE

### RESUMO

Características edafoclimáticas de diferentes regiões como temperatura, radiação solar e precipitação, podem ocasionar mudanças nos caracteres físicos e químicos dos frutos. Procurou-se conhecer o comportamento de maturação de cultivares de caqui, implantadas em savana tropical brasileira, no município de Anápolis, GO. Para cada cultivar (Rama Forte, Giombo, Pomelo) foram marcados 120 frutos, em seis plantas de pomar experimental. O experimento foi conduzido na safra 2017/2018. Semanalmente, após dois meses da poda e aplicação da cianamida hidrogenada, foram avaliados os diâmetros transversal (DT) e longitudinal dos frutos (DL) em campo. A partir da 18ª até a 31ª semana após a aplicação da cianamida hidrogenada (SAC), nove frutos foram colhidos semanalmente e foi medida a coloração da polpa e da casca, firmeza externa e da polpa (FIR), massa fresca, o teor de sólidos solúveis (SS), de acidez titulável (AT), o pH e o Índice de Maturação de cada. Constatou-se um crescimento inicial mais rápido até a 14ª SAC. Entre a 15ª e a 20ª SAC houve um crescimento comparativamente mais lento, e a partir da 22ª SAC os frutos voltaram a ter um crescimento mais expressivo. ‘Pomelo’ teve frutos maiores e mais pesados. ‘Giombo’ tem formato alongado e menor massa. A epiderme dos frutos passou de verde quando imaturo até vermelho intenso quando maduro. Em apenas três semanas a FIR externa passou de 81 N para 5 N. O máximo no teor de SS dos frutos de ‘Pomelo’ e ‘Rama Forte’ foi na 26ª SAC, e de ‘Giombo’ na 29ª SAC. Em geral, nas condições de savana tropical, recomenda-se que a melhor época para colheita dos frutos das cultivares Rama Forte e Pomelo seja na 26ª SAC e na 28ª SAC para a cultivar Giombo.

Palavras-chave: *Diospyros kaki*, estágio de desenvolvimento, maturidade fisiológica, bioma Cerrado.

### ABSTRACT

Edafoclimatic characteristics of different regions such as temperature, solar radiation and precipitation, can cause changes in the physical and chemical characteristics of fruits. It was sought to know the maturation behavior of persimmon cultivars, implanted in Brazilian tropical savanna, in the county of Anápolis, GO. For each cultivar (Rama Forte, Giombo, Pomelo), 120 fruits were marked, divided into six plants of the orchard. Weekly, after two months of pruning and application of hydrogenated cyanamide, physical analyzes of transverse (DT) and longitudinal diameter of fruits (DL) were performed, in field. From the 18th to the 31st week after the application of the hydrogenated cyanamide (SAC), nine fruits were harvested weekly and the pulp and peel color, external and pulp firmness (FIR), fresh mass, soluble solids content (SS), titratable acidity (TA), pH and Maturation Index of each

were measured. It was found a faster initial growth until the 14th SAC. Between the 15th and 20th WAC, there was a comparatively slower growth, and from the 22nd WAC the fruits returned to a more significant growth. ‘Pomelo’ has the largest and heaviest fruits. ‘Giombo’ has elongated shape and lower mass. The fruit epidermis changed from green, when immature, to deep red, when ripe. In just three weeks, the external FIR went from 81 N to 5 N. The apex in the SS content of ‘Pomelo’ and ‘Rama Forte’ fruits was in the 26th SAC, and ‘Giombo’ in the 29th SAC. In general, under tropical savanna conditions, it is recommended that the best period for harvesting the fruits of the ‘Rama Forte’ and ‘Pomelo’ cultivars is at the 26th SAC and at the 28th SAC for the ‘Giombo’ cultivar..

Key words: *Diospyros kaki*, stage of development, physiological maturity, Cerrado biome.

## 5.1 INTRODUÇÃO

O caquizeiro comum (*Diospyros kaki* Thunb.) é uma planta originária do Leste Asiático (Maeda et al., 2018; Nishiyama et al., 2018; Yesiloglu et al., 2018). China, Japão, Coreia do Sul e Brasil são os principais produtores mundiais (FAOSTAT, 2019). O fruto tem boa aceitação comercial por conta da sua aparência e propriedades organolépticas, além de ser fonte de açúcares, micronutrientes, fibras e minerais, e amplamente usado na medicina tradicional (George & Redpath, 2008; Karaman et al., 2014; Jiménez-Sánchez et al., 2015, Curi et al., 2017).

Dentre as frutíferas de origem temperada, o caquizeiro é uma das que melhores se adaptam a diferentes regiões, inclusive as de clima mais quente (Martins & Pereira, 1989; Sampaio et al., 2009; Fachinello et al., 2011; Yesiloglu et al., 2018). Por isso, houve um recente aumento da produção mundial de caquis em diversos países de climas subtropical e tropical, que passaram a atender sua própria demanda e exportar o excedente (Fachinello et al., 2011; FAOSTAT, 2019; Yesiloglu et al., 2018).

Cultivares de caqui podem ser classificadas em quatro grupos de acordo com a resposta à polinização (formação da semente) e perda da adstringência da polpa dos frutos na maturidade comercial, sendo elas: polinização constante e não-adstringente (PCNA); polinização variável e não-adstringente (PVNA); polinização variável e adstringente (PVA) e polinização constante e adstringente (PCA) (Sugiura et al., 1991; Miller & Crocker, 1994; Nishiyama et al., 2018). Caquis adstringentes apresentam altos teores de taninos hidrossolúveis quando imaturos, tornando-os inadequados para consumo fresco, caso não tenham sido destanizados (Edagi & Kluge, 2009; Gardin et al., 2012). Neste contexto, o ponto ideal de colheita é importante fator que determinará a qualidade dos frutos e a vida de prateleira (Kaur et al., 2018). Na maturação ocorrem mudanças de sabor, textura e aroma

do fruto, conferindo-o as corretas propriedades organolépticas e nutricionais para o consumo, sendo também a última fase antes da senescência e disseminação das sementes (Agustí, 2000; Alférez, 2001). Estas mudanças na maturação podem ser avaliadas por métodos físicos e químicos, servindo como parâmetros de monitoramento da maturidade (Blum et al., 2008).

O caqui é um fruto climatérico, com curva de desenvolvimento em segmento sigmoideal dupla, independente da polinização, e com mudanças de firmeza e coloração na maturação (Shin et al., 1991; Kluge & Tessmer, 2018). É uma baga, de formato variado desde achatado até ovoide, com massa entre 50 g e 350 g, e coloração desde o amarelo-alaranjado até o vermelho intenso, conforme a cultivar (Besada & Salvador, 2018; Kluge & Tessmer, 2018).

Características edafoclimáticas de diferentes regiões como temperatura, radiação solar e precipitação, podem ocasionar leves mudanças nos caracteres dos frutos, como no teor de sólidos solúveis e cor da casca (Goyal et al., 2007; Compésa & Vendrellb, 2017). Além disso, frutos que amadurecem na planta possuem os melhores atributos organolépticos, entretanto, são altamente perecíveis e apresentam diversos problemas relacionados à sua conservação, o que ocasiona perda de qualidade logo após sua colheita (Curi et al., 2017).

Um fruto atinge a maturidade ideal quando, após a colheita e amadurecimento, sua qualidade atingirá valores mínimos de aceitação pelo consumidor final (Kader, 2002). Determinar a correta maturação do fruto e o melhor momento da colheita é fundamental para planejar a comercialização, flexibilizar a distribuição e garantir a aceitação pelo consumidor (Kaur et al., 2018), especialmente nas diferentes regiões produtoras. Sabendo disso e, por ser uma cultura com potencial de exploração comercial em regiões tropicais, que apresenta problemas de distribuição e rápida perda de qualidade em pós colheita, especialmente em relação a firmeza dos frutos, procurou-se conhecer o comportamento de maturação de três cultivares de caqui, implantadas em savana tropical brasileira.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2017/2018, sendo utilizadas três cultivares de caquizeiro comum (*Diospyros kaki* L.), 'Rama Forte', 'Pomelo' e 'Giombo'; cultivadas na Estação Experimental Rural de Anápolis (16°20'34" S, 48°52'29" W),

localizada no município de Anápolis, GO, vinculada a Emater - GO. As plantas utilizadas estavam enxertadas sobre caqui comum (*Diospyros kaki* L.), estavam no seu décimo sexto ano de vida, em plena produção, e foram submetidas a poda de frutificação, controle de plantas daninhas, adubação, escoramento e irrigação conforme tratamentos recomendados Martins & Pereira (1989).

As cultivares Rama Forte e Giombo (ou Guiombo) pertencem ao grupo dos caquis de polinização variável e adstringente (PVA), o que significa que, se produzidos partenocarpicamente, apresentarão a polpa taninosa e amarelada, e se polinizados a polpa adquirirá coloração escura (“chocolate”) em função da oxidação e coagulação dos taninos pelo etanol e acetaldeído exsudado pelas sementes (Yamada et al., 2018). Já o caqui ‘Pomelo’ (IAC 6-22) pertence ao grupo dos caquis de polinização constante e adstringente (PCA), com tanino hidrossolúvel quando imaturo e sem alterações na coloração da polpa mesmo com polinização (Martins & Pereira, 1989). No experimento não houve controle de polinização dos frutos e, por isso, a maior parte dos frutos foi formada partenocarpicamente.

No dia 05 de setembro de 2017, no final do inverno, após a poda de produção das plantas, foi feita a pulverização de cianamida hidrogenada (Dormex<sup>®</sup>, 5%) visando o início e a uniformização da brotação das plantas (Semana 0). A partir do dia 31 de outubro de 2017, ou seja, oito semanas da aplicação da cianamida hidrogenada, quando os frutos estavam com cerca de 20% do tamanho final, para cada cultivar, foram marcados 60 ramos de caquizeiro, divididos em seis plantas do pomar. Nos ramos selecionados foi feito desbaste deixando-se apenas dois frutos com tamanho uniforme (cerca de dois cm de diâmetro) e sem defeitos aparentes.

Após a marcação dos frutos, uma vez por semana, em campo e no período matutino, foram feitas medições do crescimento em 60 frutos marcados de cada cultivar, por meio dos diâmetros transversal e longitudinal. A distância do ápice ao pedúnculo do fruto foi tomada como o diâmetro longitudinal (DL) e, no maior ponto na linha equatorial do fruto, foi determinado o diâmetro transversal (DT). Foi utilizado um paquímetro digital modelo Starfer, Digital Vernier Caliper IVEO-150 mm; e os valores foram expressos em milímetros (mm).

Para caracterização do comportamento de amadurecimento dos frutos, dezoito semanas após a aplicação da cianamida hidrogenada, iniciaram-se as análises laboratoriais, uma vez por semana, até o final da maturação dos frutos de cada cultivar (217 dias após aplicação da cianamida hidrogenada). Avaliou-se o teor de sólidos solúveis (SS) a acidez

titulável (AT), o potencial hidrogeniônico (pH), cor da casca e da polpa (luminosidade, ângulo hue e croma), a massa fresca, a textura dos frutos. As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia em Pós-Colheita da Universidade Estadual de Goiás, Goiás-Brasil. Em cada avaliação utilizou-se três frutos de cada cultivar em três repetições (nove frutos no total), coletados aleatoriamente dentre os ramos marcados. Os frutos eram coletados no período da manhã, cortando-se o pedúnculo com tesoura de aço inoxidável, acondicionados em bandejas plásticas e levados ao laboratório. As análises eram realizadas no mesmo dia da colheita.

A massa fresca foi mensurada por meio de balança eletrônica marca Shimadzu BL3200H, com precisão de 0,01 g, com resultados expressos em gramas (g). Para a firmeza da casca e polpa utilizou-se um penetrômetro marca Brookfield CT-3 Texture Analyzer com ponteira de 6 mm (TA41), em velocidade de 6,9 mm.s<sup>-1</sup>, trigger (força) de 10 g, até a profundidade máxima de penetração de 7 mm, e resultados expressos em newton (N). Obteve-se dois valores de firmeza, sendo a firmeza externa igual a resistência da casca e da polpa a penetração, e a firmeza da polpa igual ao valor da resistência interna do fruto.

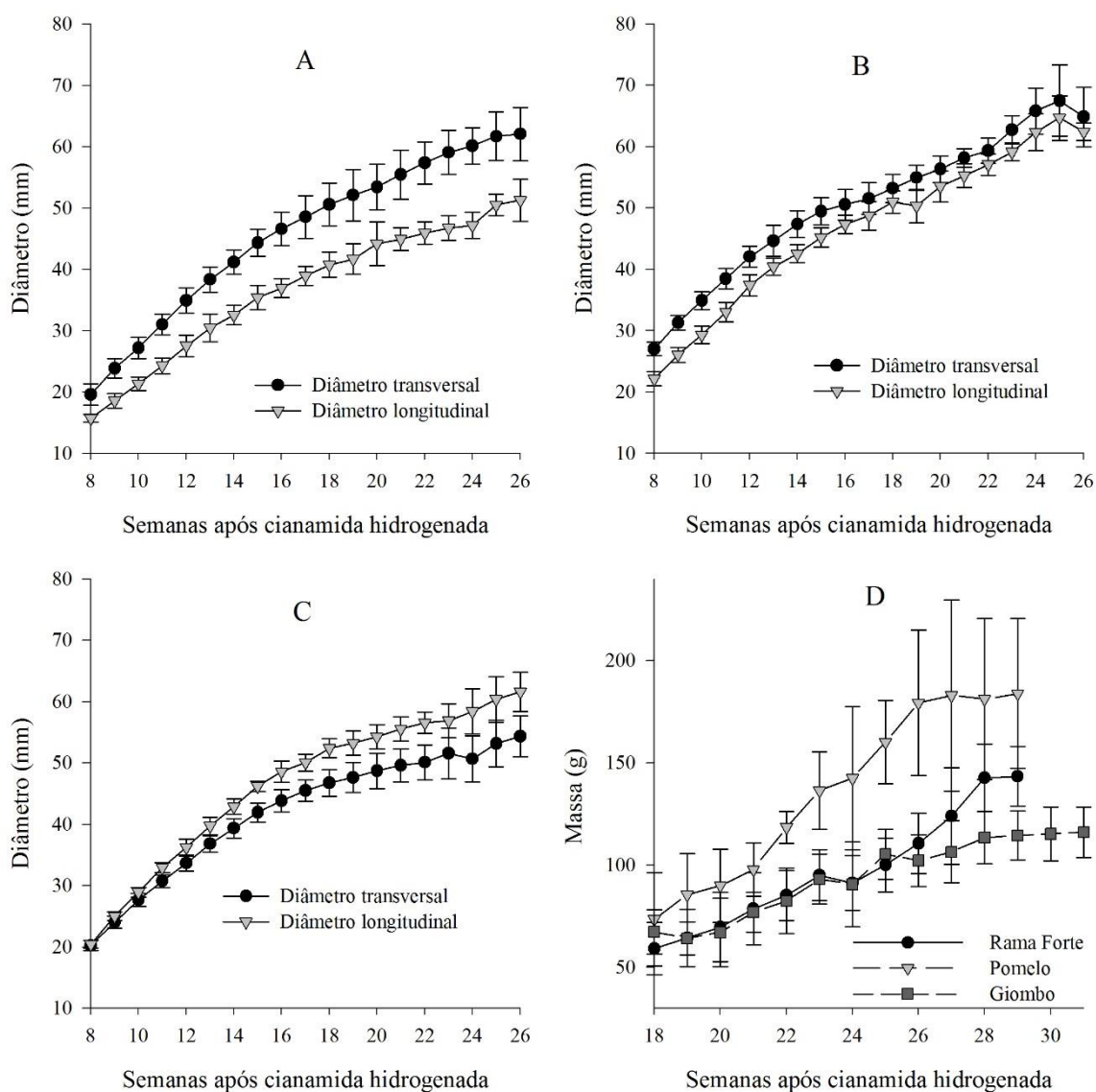
O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado com refratômetro digital modelo Reichert Brix/RI-Chek e os resultados expressos em graus Brix (°Brix). A acidez titulável (AT) foi obtida por titulação conforme método da AOAC (2016), com resultado expresso em gramas de ácido málico por 100 gramas de polpa (g. ác. málico.100g<sup>-1</sup>). O valor da relação entre SS e AT foi tida como o índice de maturação dos frutos. O pH foi obtido por meio de peagâmetro Kasvi K39-0014P medindo os valores diretamente na massa de polpa dos frutos homogeneizada.

As cores da casca e da polpa foram obtidas pela leitura direta por meio de colorímetro portátil Konica Minolta CR-400 que retorna os valores de Luminosidade (L\*) que varia de 0 (preto) a 100 (branco), a\* de verde (-) a vermelho (+) e b\* de azul (-) a amarelo (+). Para a medição de cor da casca foram tomados dois pontos opostos na região equatorial de cada fruto e, para a polpa, o fruto foi seccionado longitudinalmente e dois pontos internos aleatórios foram tomados. Os valores foram expressos em luminosidade, ângulo hue e croma. Ângulo hue (h°) representa cor vermelha para zero, cor amarela para 90°, verde para 180° e 270° para azul, e foi calculado segundo modelo proposto por Minolta (1994), em que  $hue^{\circ} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ . O croma (C\*), também chamada de saturação, foi determinada conforme a fórmula  $C^* = (C(a^*^2 + b^*^2)^{1/2})$  também de Minolta (1994).

Para o diâmetro transversal e longitudinal dos frutos foram avaliados sessenta frutos de cada cultivar e as variáveis foram analisadas pelo desvio padrão da média. A massa, firmeza e coloração dos frutos também foram analisadas pelo desvio padrão da média em amostras contendo nove frutos ( $n = 9$ ), sendo as medidas de cor e firmeza tomadas em dois pontos opostos ( $n = 18$ ). Os teores de SS, AT, pH e índice de maturação ou IM, também foram analisados pelo desvio padrão da média, composta por três repetições com três frutos cada ( $n=9$ ).

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se que os frutos de caquizeiro apresentaram um crescimento inicial mais rápido até a 14<sup>a</sup> semana após a aplicação de cianamida hidrogenada (SAC). Entre a 15<sup>a</sup> e a 20<sup>a</sup> SAC ainda há crescimento, porém, comparativamente mais lento e, a partir da 22<sup>a</sup> SAC, os frutos retomaram um crescimento mais expressivo (Figura 5.1).



**Figura 5.1** Diâmetro longitudinal e diâmetro transversal de três cultivares de caquizeiro (A = ‘Rama Forte’, B = ‘Pomelo’ e C = ‘Giombo’) e massa de frutos de caqui (D) de plantas cultivadas em Goiás, na safra 2017/2018 (n=60 e barras verticais indicam o desvio padrão das médias).

Caquis apresentam uma curva de crescimento sigmoidal dupla, em que existem duas fases de rápido crescimento, denominadas como fase I e fase III, separadas por uma fase de menor crescimento, a fase II (Zheng & Sugiura, 1990; Sugiura et al., 1991; Kluge & Tessmer, 2018). A fase I, onde há grande divisão celular no mesocarpo (Sugiura et al., 1991; Kluge & Tessmer 2018), ocorreu então até a 14<sup>a</sup> SAC para todas as cultivares. Entre a 15<sup>a</sup> e 22<sup>a</sup> SAC (Fase II), com o cessamento da divisão celular, o crescimento é reduzido e estabilizado. Após a 22<sup>a</sup> SAC, tem-se a fase III de crescimento em que ocorre o alongamento das células e aumento do espaço intercelular. Estes dados corroboram com os resultados obtidos por diversos autores para o caqui comum (Sugiura et al., 1991; Yakushiji & Nakatsuka, 2007; Tessmer et al., 2016; Kluge & Tessmer 2018).

Mesmo após o início do amadurecimento dos frutos, após a 26<sup>a</sup> SAC, pode haver um pequeno aumento de cerca de 3% no tamanho dos frutos. Apesar desse pequeno desenvolvimento, não é interessante aguardar o completo desenvolvimento físico dos frutos, haja vista que ocorre uma redução crítica na firmeza dos mesmos (Figura 5.1), o que prejudicaria a colheita e comercialização. Assim, recomenda-se que a colheita dos frutos das cultivares Rama Forte e Pomelo seja feita na 26<sup>a</sup> SAC e, para ‘Giombo’ na 28<sup>a</sup> SAC.

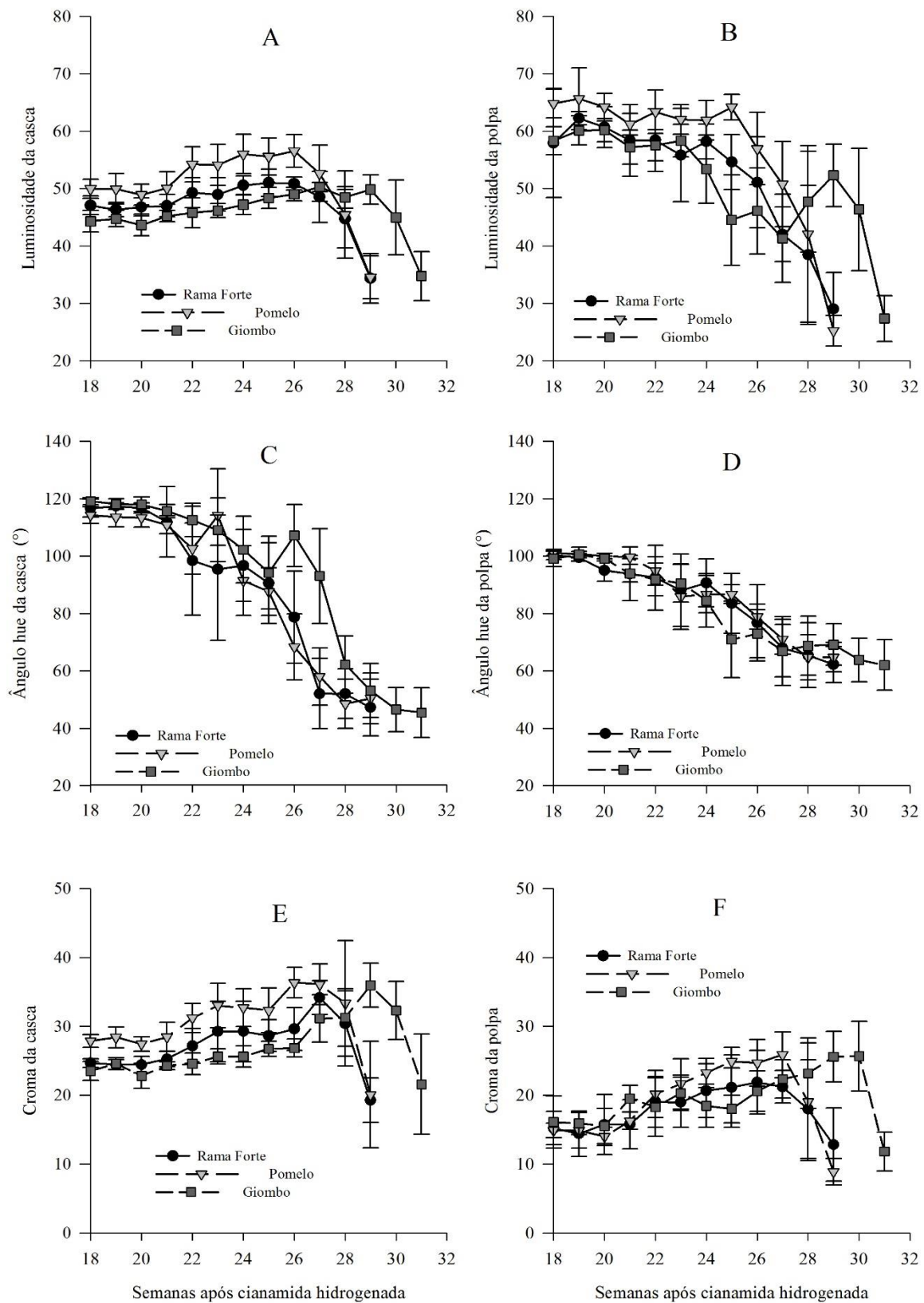
A cultivar ‘Pomelo’ apresentou os maiores frutos, com diâmetro transversal e longitudinal de  $64,86 \pm 4,86$  mm e  $62,41 \pm 1,44$  mm respectivamente. Os frutos apresentaram calibre médio (68,33 mm) e formato globoso ( $DT/DL = 0,96$ ) típico da cultivar (Martins & Pereira, 1989; Martínez-Calvo et al., 2012; Nascimento et al., 2017). Para a cultivar Giombo, notou-se o maior desenvolvimento longitudinal do fruto, conferindo-o formato alongado ( $DT/DL = 1,13$ ) característico desta cultivar (Martins & Pereira, 1989; Cavalcante et al., 2007; Nascimento et al., 2017). Os valores estão semelhantes ao intervalo de 58,35 - 59,75 mm. verificados por Martínez-Calvo et al. (2012); Tessmer et al. (2016) e Curi et al. (2017).

‘Rama Forte’ apresentou diâmetro transversal e longitudinal máximos de  $62,09 \pm 4,34$  mm e  $51,27 \pm 3,41$  mm, respectivamente. Os frutos terminaram seu desenvolvimento tendo uma conformação globosa achatada ( $DT/DL = 0,82$ ), característico da cultivar. Estas diferenças características tem grande importância na escolha dos frutos pelo consumidor. Todas as cultivares estavam dentro da classe 6 (calibre entre 60 mm e 70 mm) segundo as Normas de Classificação do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (Hortbrasil, 2009), salientando-se que para a cultivar Giombo, tolera-se uma variação máxima de 10 mm do diâmetro.

Para massa na primeira colheita de frutos (Figura 5.1) verificou-se  $58,20 \pm 12,80$  g,  $73,51 \pm 22,87$  g e  $67,35 \pm 10,82$  g, respectivamente, para ‘Rama Forte’, ‘Pomelo’ e ‘Giombo’. A massa de frutos tende a se estabilizar após certo período de desenvolvimento e, conhecer esse período é essencial para a condução do pomar e manuseio dos frutos, incluindo colheita, armazenamento, transporte e seleção (Danieli et al., 2002; Subbarao & Vivek, 2017). No experimento a primeira cultivar a estabilizar a massa foi ‘Giombo’, logo na 25ª SAC, seguida por ‘Pomelo’ na 26ª SAC e por fim ‘Rama Forte’ ao 28ª SAC. Essa estabilização pode ser importante em campo, nos casos em que se emprega a irrigação ou mesmo quando se pretende adiantar ou retardar a colheita dos frutos por meio do uso de fitorreguladores.

A cultivar de maior massa foi ‘Pomelo’, atingindo  $183,95 \pm 36,67$  g na última avaliação. Em seguida ‘Rama Forte’ que alcançou  $143,46 \pm 14,60$  g e, por último, ‘Giombo’ com massa de  $116,08 \pm 12,37$  g. Os resultados estão de acordo com diversos autores que pesquisaram as mesmas cultivares, sendo possível encontrar na literatura valores entre: 86,2 g e 150 g para ‘Rama Forte’; 124,6 g e 193,72 g para ‘Pomelo’; e 112,21 g e 117,2 g para ‘Giombo’ (Martins & Pereira, 1989; Acquarone, 1999; Grellmann et al., 2003; Cavalcante et al., 2007; Martínez-Calvo et al., 2012; Peche, 2016; Curi et al., 2017). Constata-se que houve grande variação na massa dos frutos, provavelmente pela ausência do desbaste que limitaria a quantidade de frutos, propiciando maior uniformidades dos remanescentes. Diferenças físicas em tamanho e massa dos frutos se devem principalmente por conta de características das próprias cultivares, do porta-enxerto utilizado, da nutrição do pomar, das condições ambientais e da própria localização geográfica (Goyal et al., 2007; Celik & Ercisli, 2008).

Cor é um dos principais atributos relacionados a classificação e aceitação de frutos pelo consumidor (Hegazy, 2018; Kaur et al., 2018). Em frutos avermelhados as variáveis  $L^*$  e  $C^*$  são primordiais para a comercialização, visto que valores menores de croma correspondem a uma menor intensidade da cor vermelha (Nakagawa et al., 2008; Robert et al., 2010; Lima et al., 2011). Para todas variáveis de cor avaliadas e nas três cultivares estudadas, as tendências de mudança de coloração foram similares havendo diferença apenas na intensidade dessas variações (Figura 5.2).



**Figura 5.2** Luminosidade da casca (A), luminosidade da polpa (B), ângulo hue da casca (C), ângulo hue da polpa (D), croma da casca (E) e croma da polpa (F) de cultivares de caqui cultivadas em Goiás, na safra 2017/2018 (n=48 e barras verticais indicam o desvio padrão das médias).

A epiderme passou de verde, fruto imaturo até vermelho intenso quando maduro. Na Figura 5.2C observou-se que valores iniciais do ângulo hue ( $h^\circ$ ) para as três cultivares variou entre 114,68 e 119,10° externamente, indicando uma coloração verde-amarelada, e entre 99,06 e 101,25° internamente, conferindo uma coloração amarelo-esverdada, indicando um baixo teor de carotenoides e antocianinas na polpa (Kluge & Tessmer, 2018). Frutos de caqui recém-formados apresentam a coloração verde por conta da presença de clorofila nos cloroplastos, e conforme a maturação evolui, os frutos passam a adquirir uma coloração amarelo-alaranjado graças aos carotenoides acumulados nos cromoplastos (como o licopeno) e, por fim, avermelhada por conta de antocianinas acumuladas em vacúolos (Chitarra & Chitarra, 2005; Lopes et al., 2014; Jaakola, 2013; Giordani et al., 2015; Kluge & Tessmer, 2018).

Os valores de croma ( $C^*$ ) indicam a intensidade da cor dos frutos. Durante as avaliações,  $C^*$  apresentou um leve incremento até o momento anterior ao amadurecimento. Maior croma da casca em comparação com a polpa pode ser explicada pela baixa quantidade de pigmentos presentes na polpa de frutos imaturos. Além disso, carotenoides na polpa podem chegar a valores 5.5 vezes superiores no final da maturação em comparação com o início do desenvolvimento do fruto, por se acumularem gradualmente com o desenvolvimento (Zhao et al., 2010; Plaza et al., 2012), sendo outra explicação para o decréscimo na saturação. Assim que os frutos atingiram o ponto de colheita, houve um decréscimo na saturação da cor (Figura 5.2A e 5.2E), podendo ser explicado pela degradação das clorofilas da casca que conferiam ao fruto cor verde intensa (Zhao et al., 2010; Kluge & Tessmer, 2018).

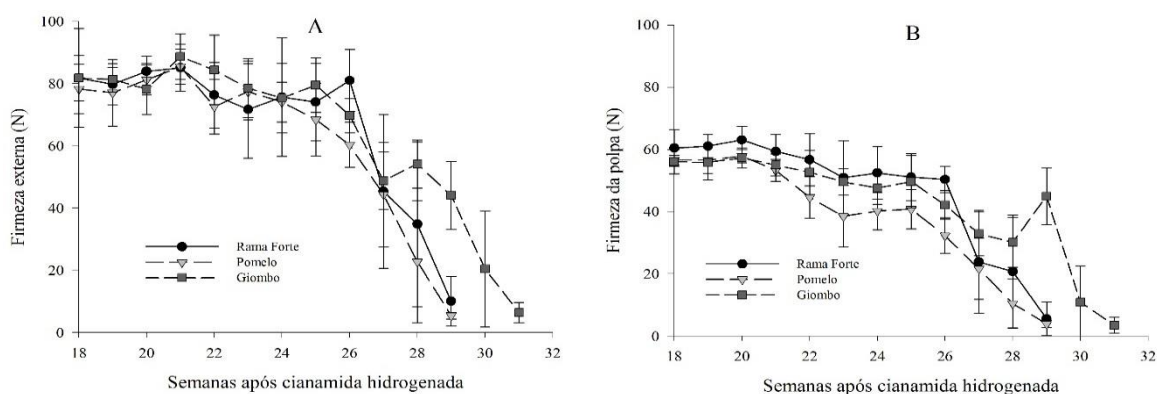
A maior mudança na coloração dos frutos ocorre durante a maturação, sendo então a cor o principal parâmetro prático, rápido e razoavelmente confiável para indicar a maturidade fisiológica do fruto (Bignell et al., 2017). O ponto de maturidade do caqui é julgado visualmente conforme a cor do fundo do fruto, que é a primeira parte a apresentar alterações na coloração (Salvador et al., 2006; Martínez-Las Heras et al., 2016; Asakuma & Shiraishi, 2017). Caquis do grupo doce e variável, como o ‘Rama Forte’ e o ‘Giombo’ começam a ser colhidas quando adquirem a coloração da epiderme laranja-avermelhada (Martínez-Calvo et al., 2012; Lopes et al., 2014), o que aconteceu na 26ª semana após a cianamida hidrogenada (SAC) para ‘Rama Forte’, e na 28ª SAC para o ‘Giombo’. A mudança na coloração do caqui ‘Giombo’ foi mais lenta que nas outras cultivares,

corroborando com Tessmer et al. (2016). No grupo dos caquis taninosos, como o ‘Pomelo’, a cor vermelho-alaranjada, típica da cultivar, permite indicar o ponto de maturidade comercial a partir da 26ª SAC.

Para diversas cultivares de caqui, como o ‘Fuyu’ e ‘Rama Forte’, ponto de colheita em campo por meio da cor é normalmente medido por meio de cartilhas ou guias regionais próprios, desenvolvidos pelas indústrias locais, apesar disso, não é recomendado que sejam utilizados somente estes guias (Martins & Pereira, 1989; Asakuma & Shiraishi, 2017; Bignell et al., 2017). Os valores do ângulo hue são os que melhores se correlacionam com cartilhas de campo e, segundo descritores propostos por Asakuma & Shiraishi (2017), valores de  $h^\circ \leq 50,00$  indicam frutos com coloração avermelhada, entre  $51^\circ \leq 59^\circ$  alaranjada, e  $\geq 60^\circ$  amarelada. No final da maturidade dos frutos, os valores de  $h^\circ$  da epiderme variaram entre 45,48 e 50,70°. Para a polpa, os valores de  $h^\circ$  oscilaram entre 62,20 e 64,75° indicando uma tonalidade amarelo alaranjada, típica dos frutos de caqui. Quanto aos valores do  $h^\circ$ , houve diferenças entre as cultivares porque, mesmo dentro de um único grupo, o conteúdo dos pigmentos carotenoides é variável (Chitarra & Chitarra, 2005; Zhou et al., 2011).

Por depender do estágio de maturidade, a firmeza da polpa é um dos principais indicadores utilizados para avaliar a maturação de frutos (Gonzalez et al., 2015; Salvador et al., 2006; Asakuma & Shiraishi, 2017). É também o principal atributo que determina a vida de prateleira e a qualidade pós-colheita, sendo diretamente importante para a distribuição (Plaza et al., 2012; Curi et al., 2017).

Os valores de firmeza (Figura 5.3A e 5.3B) apresentaram um leve decréscimo a partir da 22ª SAC até a 26ª SAC para ‘Rama Forte’ e ‘Pomelo’, e até na 28 SAC para ‘Giombo’. Após estes períodos houve uma acentuada redução na firmeza externa, de 81 N para 5 N em três semanas. A queda da firmeza é associada ao estresse hídrico das sépalas, que induz a um aumento da produção de etileno ( $C_2H_4$ ), o promotor da atividade de pectinases, como a pectinametilesterase e a poligalacturonase, transformando a parede dos tecidos vegetais e provocando o amolecimento do fruto (Johnston et al., 2001; Nakano et al., 2002; Nakano et al., 2003; Luo, 2007; Salvador et al., 2007; Yakushiji & Nakatsuka, 2007; Kluge & Tessmer, 2018).



**Figura 5.3** Firmeza externa (A) e firmeza da polpa (B) de frutos de caqui de três cultivares, conduzidas em Goiás, safra 2017/2018 (n=48 e barras verticais indicam o desvio padrão das médias).

Frutos esverdeados tendem a ter maior vida útil na pós-colheita, especialmente por conta da maior firmeza que apresentam, entretanto são frutos de menor qualidade por conta do menor teor de sólidos solúveis (Besada et al., 2009; Bill, 2012; Bignell et al., 2017). Para viabilizar a distribuição e comércio dos frutos *in natura*, a firmeza externa recomendada dos caquis deve estar acima de 17 N (Crisosto et al., 1999; Rombaldi, 1999). Segundo Asakuma & Shiraishi (2017), a firmeza da polpa para o consumo determina a textura do fruto e pode ser classificada em: firme  $\geq 19$ N; médio 18,9-12,9 N e mole  $\leq 12$  N. Todos os frutos do presente estudo apresentaram polpa mole para o consumo, variando entre 3,54 N para ‘Giombo’ e 5,56 N para o ‘Rama Forte’ (Figura 5.3B). Com base nessas informações, foi possível constatar que a data limite para colheita visando à minimização das perdas e garantia da qualidade dos frutos, seria na 28<sup>a</sup> SAC para ‘Rama Forte’ e ‘Pomelo’, e na 30<sup>a</sup> SAC para ‘Giombo’.

Os valores de firmeza externa (Figura 5.3A) encontrados no último ponto de colheita são inferiores ao de outros autores, provavelmente porque frutos amadurecidos naturalmente tornam-se muito moles (Lucas-González, 2018; Yesiloglu et al., 2018). É possível encontrar valores de firmeza externa entre 125,5 e 38,4 N para ‘Rama Forte’, 28,7 e 97,95 N para ‘Giombo’ e; 26,65 e 34,91 N para caquis de polinização constante e adstringentes (PCA), como o ‘Pomelo’ (Martínez-Calvo et al., 2012; Lopes et al., 2014; Novillo et al., 2014; Curi et al., 2017) A diferença entre uma semana e a próxima de avaliação pode explicar tal fator, visto que, na penúltima semana antes da colheita, a firmeza dos frutos oscilou entre 20,44 e 34,85 N (Figura 5.3B) para ‘Giombo’ e ‘Rama Forte’ respectivamente, e teve um decréscimo de mais de 70 % em apenas uma semana. Além disso,

o ponto de colheita dos frutos em algumas publicações consideradas (Ramin & Tabatabaie, 2003; Cavalcante et al., 2007; Blum et al., 2008; Besada et al., 2009; Martínez-Calvo et al., 2012; Bignell et al., 2017) pode não ter sido o mesmo entre as cultivares.

Nota-se que o decréscimo na firmeza coincide com a mudança da cor dos frutos (Figura 5.2 e Figura 5.3). Conhecer este comportamento auxilia na escolha de cultivares que atendam a determinado mercado, visto que consumidores tendem a associar que frutos mais avermelhados tendem a ser menos firmes que frutos esverdeados, sendo importante também na escolha do momento ideal de colheita (Tessmer et al., 2016).

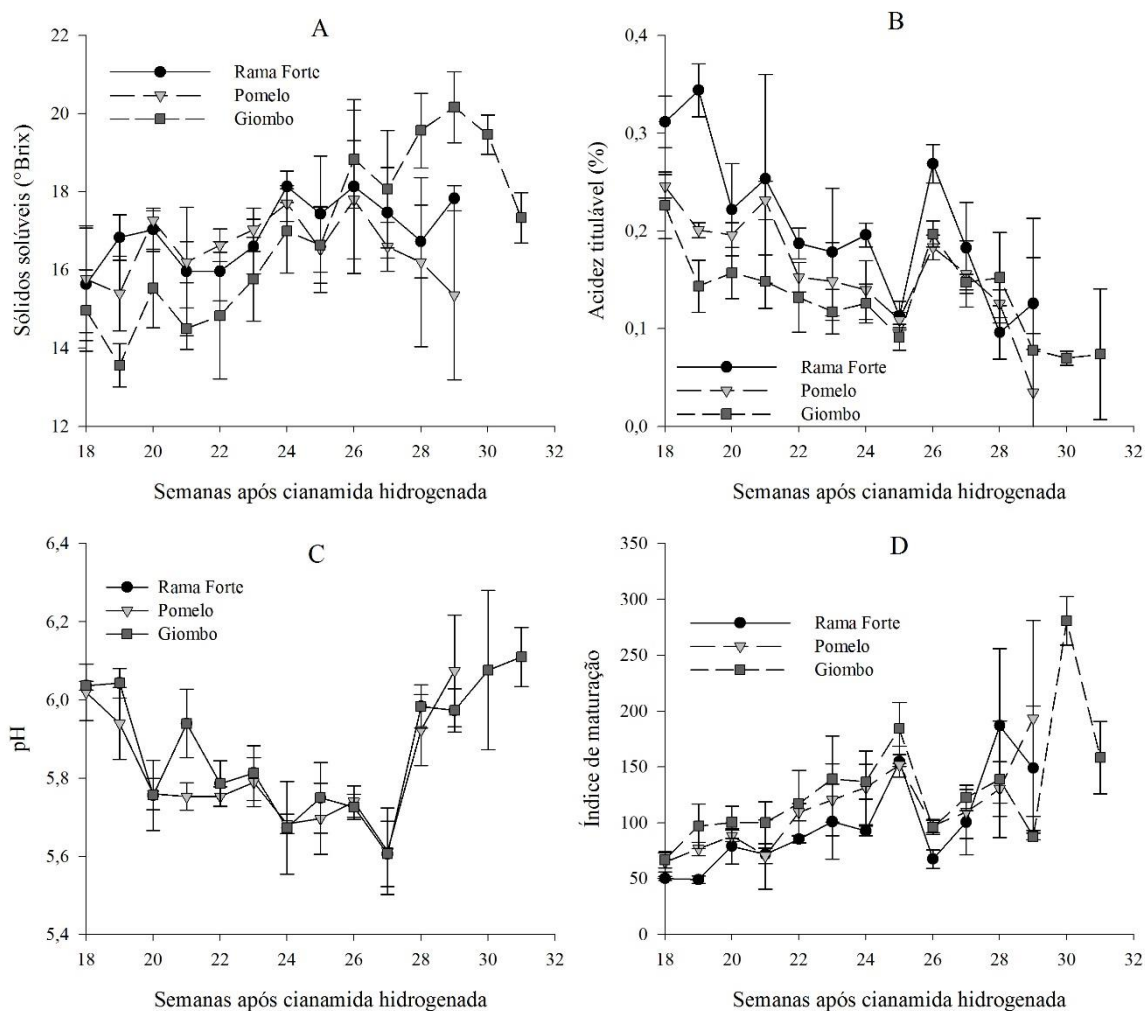
Os valores de sólidos solúveis observados no experimento (Figura 5.4A) estão de acordo com relatos de outros autores e dentro dos padrões comerciais. Para as cultivares avaliadas neste estudo, destanizadas naturalmente, é possível encontrar na literatura, valores entre 15,37 e 23,64 °Brix para ‘Rama Forte’; 14,3 e 20,63 °Brix para ‘Pomelo’; e 18,23 e 21,42 °Brix para ‘Giombo’ (Martínez-Calvo et al., 2012; Vieites et al., 2012; Lopes et al., 2014; Silva et al., 2016; Curi et al., 2017). Em frutos de caqui há uma grande variação do teor de sólidos solúveis (9,6 - 22 °Brix), de acordo com a cultivar, a maturidade do fruto e, até mesmo, conforme o método de remoção de adstringência (Costa, 1991; Del Bubba et al., 2009; Kluge & Tessmer, 2018).

Ao longo do amadurecimento pode-se notar uma elevação do teor de sólidos solúveis para todas as cultivares até o momento ideal de colheita (Figura 5.4). Este aumento é esperado por conta do acúmulo de açúcares na polpa do fruto e, em frutos de caqui adstringentes, pode ser ocasionado também pela transformação dos taninos solúveis em taninos insolúveis (Del Bubba et al., 2009; Plaza et al., 2012)

Como o açúcar é o principal componente nutricional no fruto, o teor de sólidos solúveis é considerado um indicador efetivo do sabor e aroma doce dos caquis, com sacarose, glicose e frutose sendo os açúcares predominantes (Chen, et al., 2015; Lucas-González et al., 2018), entretanto, Tessmer et al. (2016) afirmam que esta medida é mais eficiente em caquis não-adstringentes. Como todas cultivares avaliadas eram adstringentes, a colheita dos frutos das cultivares Pomelo e Rama Forte na 26ª SAC, e de Giombo na 29ª SAC, seria a que obteria os frutos mais ricos em açúcares.

O ácido málico é o principal ácido orgânico encontrado nos frutos de caqui e seus valores de acidez titulável (AT) oscilam entre 0,16% e 0,23%, levando a classificação dos frutos como frutos de baixa acidez (Lucas-González et al., 2018). No presente experimento os teores de AT oscilaram entre  $0,34\% \pm 0,077\%$  e  $0,034\% \pm 0,057\%$  (Figura

5.4B). Houve um decréscimo ao longo do experimento, pois, por serem frutos climatéricos, os ácidos orgânicos podem ser metabolizados como compostos intermediários na respiração celular (Silva et al., 2016).



**Figura 5.4** Sólidos Solúveis (A), Acidez Titulável (B), pH (C) e Índice de Maturação (D) de frutos de caqui de três cultivares, conduzidas em Goiás, safra 2017/2018 (n=9 e barras verticais indicam o desvio padrão das médias).

‘Pomelo’ foi a que apresentou os menores valores de AT na maturidade final (0,03% ácido málico), seguido por ‘Giombo’ (0,05% ácido málico) e ‘Rama Forte’ (0,13% ácido málico) (Figura 5.4B). Os valores encontrados foram menores que o intervalo considerado para as cultivares por outros autores, apesar do comportamento de cada cultivar ter sido semelhante (Martínez-Calvo et al., 2012; Lopes et al., 2014; Silva et al., 2016).

No momento da primeira colheita, havia pouca diferença entre o pH dos frutos amostrados ( $\text{pH} = 6,03 \pm 0,01$ ). Para as três cultivares houve decréscimo no pH até a 26ª SAC (Figura 5.4C). A partir desta semana o pH se elevou, indicando o início do

amadurecimento dos frutos (Ramin & Tabatabaie, 2003). A síntese dos carotenoides pode provocar alterações no pH dos frutos (Cunha Júnior et al., 2007), o que possibilita associar a mudança na coloração dos frutos a mudança no pH.

O pH das cultivares Rama Forte e Giombo foi igual ao longo de todas as colheitas, este comportamento pode ser explicado pelo fato das duas cultivares pertencerem ao mesmo grupo quanto a polinização (PVNA), apresentando constituição química semelhante. Os valores de pH observados para frutos maduros no presente experimento (Figura 5.4C), apesar de altos (5,91 - 6,11), corroboram aos encontrados por outros autores e estão entre o intervalo de outros trabalhos, entre 5,40 e 6,15 (Blum et al., 2008; Valentini et al., 2009; Vieites et al., 2012; Silva et al., 2016; Curi et al., 2017).

Apesar de ser bastante adotado em experimentos com frutos maduros de caqui para quantificar o conteúdo de açúcares, o teor de SS nem sempre corresponde à percepção da doçura dos frutos (Tessmer et al., 2016; Asakuma & Shiraishi, 2017; Chung et al., 2017). Devido a este fato, a relação SS/AT (índice de maturação) tem sido considerada uma boa indicadora da qualidade interna do fruto, e quanto maior o valor, mais doce será o fruto (Schwieterman et al., 2014). O que se observou no experimento, foi o decréscimo da acidez e aumento do teor de sólidos solúveis ao longo do tempo, levando a uma elevação nos valores de índice de maturação observados (Figura 5.4D).

O ápice do índice de maturação para cada cultivar foi diferente e, com exceção a cultivar Pomelo, o maior valor foi encontrado uma semana antes da maturidade final. Tal resultado indica que para se obter frutos de qualidade de sabor superior, a melhor colheita será na última semana antes do completo amadurecimento do fruto. Esse comportamento pode estar relacionado ao próprio metabolismo do fruto que, após atingir o ponto de colheita, entra em fase de senescência, onde há o consumo do conteúdo interno pela respiração celular (Tessmer et al., 2016; Kluge & Tessmer, 2018; Yesiloglu et al., 2018).

#### 5.4 CONCLUSÕES

Foi constatado decréscimo da acidez, da firmeza de polpa, da firmeza externa, e da coloração esverdeada da casca e aumento do teor de sólidos solúveis, dos diâmetros longitudinais e transversais e da coloração avermelhada ao longo do desenvolvimento do fruto até o ponto de maturidade.

Nas condições de savana tropical, recomenda-se que a melhor época para colheita dos frutos das cultivares Rama Forte e Pomelo seja na 26ª SAC e para a cultivar Giombo na 28ª SAC, cerca de três semanas antes da completa maturidade.

## 5.5 REFERÊNCIAS

AGUSTÍ, M. **Citricultura**. Mundi Prensa. Madrid. España. 2000.

ALFÉREZ, F. **Regulación hormonal de la maduración en frutos cítricos y su relación con alteraciones fisiológicas durante la postcosecha**. Tese - Doutorado. Valencia. España, 2001.

AOAC. Association of Official Agricultural Chemists (2016). **Official methods of analysis** (20th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. USA, 2016. 3100p.

ACQUARONE S.M. **Caracterização físicoquímica de frutos de caquizeiro (Diospyros kaki L.) nas condições de Jaboticabal-SP**. Jaboticabal. 36f. Tese - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1999.

ASAKUMA, H.; SHIRAIISHI, M. Proposed descriptors for the evaluation of skin color, flesh firmness and juiciness, and sugar composition in Japanese persimmon breeding. **Euphytica**, v. 213, n.3, 2017.

BESADA, C.; SALVADOR, A. Postharvest Biology and Technology of Persimmon. In **Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits**. Springer, Cham. p. 371-393, 2018.

BESADA, C.; ARNAL, L.; SALVADOR, A. Physiological changes of ‘Rojo Brillante’ persimmon during commercial maturity. **Acta Hort.** n. 833: p. 257-262, 2009.

BIGNELL, G.; BRUUN D.; O. A. G., D.; GEORGE, A.; NISSEN, B. **Persimmon postharvest manual**. Queensland Department Primary Industries and Fisheries. Segunda edição – novembro 2017.

BILL, M. **Advancing harvest maturity and improving storability of ‘Triumph’ persimmons**. 2012. Master of Science in Agriculture (Horticultural Science) at Stellenbosch University, 2012.

BLUM, J.; HOFFMANN, F. B.; AYUB, R. A.; JUNG, D. D. L.; MALGARIM, M. B. Uso de cera na conservação pós-colheita do caqui cv. Giombo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 830-833, 2008.

CAVALCANTE I. H. L.; MARTINS A. B. G.; OLIVEIRA I. V. M.; BECKMANN M. Z. Características de frutos de cinco variedades de caqui madurados en la planta o en post cosecha. **R Biol Ciên Ter.** v.7, n.2, 2007.

CELIK, A.; ERCISLI, S. Persimmon cv. Hachiya (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit some physical, chemical and nutritional properties. **International Journal of Food Sciences and Nutrition** v. 59, n. 7, p. 599-606, 2008.

CHEN, J.; DU, J.; GE, Z.; ZHU, W.; NIE, R.; LI, C. Comparison of sensory and compositions of five selected persimmon cultivars (*Diospyros kaki* L.) and correlations between chemical components and processing characteristics. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 3, p. 1597–1607, 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL, 2005. 787 p.

CHUNG, H. S.; KIM, D. H.; KIM, H. S.; LEE, Y. G.; SEONG, J. H.; YOUN, K. S.; MOON, K. D. Quality comparison of dried slices processed from whole persimmons treated with different destringency methods. **Food Science and Biotechnology**, v. 26, n. 2, p. 401-407, 2017.

COMPÉSA, R.; VENDRELLB, M. El “milagro” del caqui en Valencia. un caso de innovación abierta y colaborativa de liderazgo cooperativo. **AnaisXI Congresso de la Asociación Española de Economía Agraria**. 294 p., 2017.

COSTA, F.O.M. da **Efeito do ethephon na maturação e qualidade do caqui (*Diospyros kaki* L.) cv. Taubaté**.1991. Dissertação (Mestrado) - **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, 1991.

CRISOSTO, C. H.; MITCHAM, E. J.; KADER, A. A. **Recommendations for maintaining postharvest quality of horticultural commodities**. 1999. Davis: University of California, 1999.

CUNHA JÚNIOR, L. C.; DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B.; MARTINS, R. N.; DURIGAN, J. F. Caracterização da curva de maturação de pêssegos 'Aurora-1', na região de Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 661-665, 2007.

CURI, P.A. N.; TAVARES, B. S.; ALMEIDA, A. B.; PIO, R.; PASQUAL, M.; PECHE, P. M.; SOUZA, V. R. (2017). Characterization and influence of subtropical persimmon cultivars on juice and jelly characteristics. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 2, p. 1205-1220. Epub 15 de maio de 2017.

DANIELI, R.; GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; FERRI, V. C.; ROMBALDI, C. V. Efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservabilidade de caqui, Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 44-48, 2002.

DEL BUBBA, M.; GIORDANI, E.; PIPPUCCI, L.; CINCINELLI, A.; CHECCHINI, L.; GALVAN, P. Changes in tannins, ascorbic acid and sugar contents in astringent persimmons during on-tree growth and ripening and in response to different postharvest treatments. **J. Food Compos. Anal.** v. 22, p. 668-677, 2009.

EDAGI F. K.; KLUGE R. A. 2009. Remoção de adstringência de caqui (*Diospyros kaki* L.): um enfoque bioquímico, fisiológico e tecnológico. **Ciência Rural** v. 39, p. 585-594

FACHINELLO, J. C., PASA, M. D. S.; SCHMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 109-120, 2011.

FAOSTAT (2019) **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION**. Item: Persimmons. Area: World; from 1994 to 2016 year. 2018. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em 25 janeiro de 2019.

GARDIN J. P. P.; ARGENTA L. C.; SOUZA E. L. S.; ROMBALDI C. V.; SOUZA A. L. K. Qualidade de caqui 'Rama Forte' após armazenamento refrigerado, influenciada pelos tratamentos 1-Mcp E/Ou Co2. **Revista Brasileira de Fruticultura** v. 34, p. 1043-1050, 2012.

GEORGE A. P.; REDPATH S. Health and medicinal benefits of persimmon fruit: A review. **Adv Horti Sci** v. 22, p. 244-249, 2008.

GIORDANI, E.; PICARDI, E.; RADICE, S. **Morfología y fisiología**. En: El cultivo del caqui. Badenes M.L.; Intrigliolo D.S.; Salvador A.; Vicent A. (Eds.) Valencia: Generalitat Valenciana. p. 35-54. 2015.

GONZALEZ, A. F.; AYUB, R. A.; & WERLANG, C. Controle da maturação de frutos de caqui (*Diospyros kaki* L.) cv. Fuyu tratados com aminoethoxivinilglicina e armazenados a temperatura ambiente. **Rev. Bras. Agrocienc.**; Pelotas, 2005

GOYAL, R. K.; KINGSLY, A. R. P.; KUMAR, P. AND WALIA, H. Physical and mechanical properties of aonla fruits. **Journal of Food Engineering**. v. 82, n. 4, p. 595-599, 2007.

GRELLMANN, E. O.; SIMONETTO, P. R.; FIORAVANÇO, J. C. Comportamento fenológico e produtivo de cinco cultivares e uma seleção de caquizeiro em Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1-2, p. 71-76, 2003.

HEGAZY, A. The effect of edible coating on the quality attributes and shelf life of persimmon fruit. **Curr. Sci. Int.**, v. 6, n. 4, p. 880-890, 2017. ISSN: 2077-4435, 2018

HORTBRASIL 2009, **Normas de Classificação do Caqui**. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/caqui/arquivos/classe.htm>. Acesso em: 17 set 2018.

JAAKOLA L. New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits. **Trends in Plant Science** v. 18, p. 477-483, 2013.

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ C, LOZANO-SANCHEZ J, MARTI N, SAURA D; VALERO M. Characterization of polyphenols, sugars, and other polar compounds in persimmon juices

produced under different technologies and their assessment in terms of compositional variations. **Food Chem** v. 182, p. 282-291, 2015.

JOHNSTON, J.W.; HEWETT, E.W.; HERTOOG, M.L.A.T.; HARKER, F.R. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v.23, p.185-196, 2001.

KADER A. A. **Post-harvest technology of Horticultural Crops**, Third Edition, University of California and Agriculture and Natural Resources. v. 113, 2002.

KARAMAN, S.; TOKER, O. S.; YUKSEL, F.; CAM, M.; KAYACIER, A; DOGAN, M. Physicochemical, bioactive and sensory properties of persimmon-based ice cream: technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 97–110, 2014.

KAUR, H.; SAWHNEY, B.K. & JAWANDHA, S.K. J. Evaluation of plum fruit maturity by image processing techniques. *Journal of Food Science and Technology*, **Food Sci. Technol.** v. 55, n. 8, p. 3008–3015, 2018.

KLUGE R. A.; TESSMER M. A. **Caqui—*Diospyros kaki***. in Exotic Fruits Reference Guide 1st Edition Editors: Rodrigues S.; Silva E.; Brito, E. de. p.113 – 118, 2018

LIMA, F. V.; DEL AGUILA, J. S.; ORTEGA E. M. M.; Kluge, R. A. Pós-colheita de lichia 'Bengal' tratada com etileno e 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1143-1149, 2011.

LUO, Z. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of postharvest persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit. *LWT – Food Science and Technology*, v. 40, n. 2, p. 285-291, 2007.

LOPES P.R.C.; OLIVEIRA I.V.M.; OLIVEIRA J.E.M.; ASSIS J.S. (2014) **Cultivo do caqui no Vale do São Francisco**. Embrapa Semiárido. Circular Técnica, 107. 10 p. Petrolina.

LUCAS-GONZÁLEZ, R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. Á.; VIUDA-MARTOS, M. Effect of particle size on phytochemical composition and antioxidant properties of two persimmon flours from *Diospyros kaki* Thunb. vars. 'Rojo Brillante' and 'Triumph' co-products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 2, p. 504-510, 2018.

MAEDA, H.; AKAGI, T.; TAO, R. Quantitative characterization of fruit shape and its differentiation pattern in diverse persimmon (*Diospyros kaki*) cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 228, p. 41-48, 2018.

MARTÍNEZ-CALVO, J.; BADENES, M. L.; LLÁCER, G. 2012 **Fichas varietales: caqui banco germoplasma** Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), 78 p.; il., 2012.

MARTÍNEZ-LAS HERAS, R. J. C.; AMIGO-SÁNCHEZ, A.; HEREDIA, M.L. CASTELLÓ; ANDRÉS, A.: Influence of preharvest treatments to reduce the seasonality of

persimmon production on color, texture and antioxidant properties during storage, *CyTA - Journal of Food*, v. 14, n. 2, p. 333-339, 2016.

MARTINS, F.P.; PEREIRA, F.M. **Cultura do caqui**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 71p.

MILLER E. P.; CROCKER T. E.; **Oriental Persimmons in Florida**. University of Florida Cooperative Extension Service; 1994; 101 p.

MINOLTA, 1994. **Precise Color Communication: Color Control from Feeling to Instrumentation**. Minolta Corporation Instrument Systems Division, Ramsey 49 p, 1994.

NAKAGAWA, T.; NAKATSUKA, A.; YANO, K.; YASUGAHIRA, S.; NAKAMURA, R.; SUN, N.; ITAI, A.; SUZUKI, T.; ITAMURA H. Expressed sequence tags from persimmon at different developmental stages. **Plant Cell Rep.** v. 27, n. 5, p. 931, 2008.

NAKANO, R.; INOUE, S.; KUBO, Y.; INABA, A. Water stress-induced ethylene in the calyx triggers autocatalytic ethylene production and fruit softening in 'Tonewase' persimmon grown in a heated plastic-house. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 293-300, 2002.

NAKANO, R.; KUBO, Y.; HARIMA, S.; INABA, A. Involvement of stress-induced ethylene biosynthesis in fruit softening of 'Saijo' persimmon fruit. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 601, p. 219-226, 2003.

NASCIMENTO, L. M.; GARCIA, L. G. C.; OGATA, T.; BRANDAO, D. C.; DE MELO E SILVA-NETO, C.; SELEGUINI, A. Physical and chemical characteristics and productivity of persimmons (*Diospyros kaki* L.) cultivated in the Brazilian savannah. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n. 2, p. 234, 2017.

NISHIYAMA, S.; ONOUE, N.; KONO, A.; SATO, A.; YONEMORI, K.; TAO, R. Characterization of a gene regulatory network underlying astringency loss in persimmon fruit. **Planta**, v. 247, n. 3, p. 733-743, 2018.

NOVILLO, P.; SALVADOR, A.; MAGALHAES, T.; BESADA, C. Deastringency treatment with CO<sub>2</sub> induces oxidative stress in persimmon fruit. **Postharvest biology and technology**, v. 92, p. 16-22, 2014.

PECHE, P.M. **Production and fruit processing of persimmon, genetic diversity and propagation of cultivar in subtropical areas**. 2016. 132 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2016.

PLAZA, L.; COLINA, C.; ANCOS, B. DE, SÁNCHEZ-MORENO, C.; & PILAR CANO, M. Influence of ripening and astringency on carotenoid content of high-pressure treated persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). **Food Chemistry**, v. 130, n. 3, p. 591-597, 2012.

ROBERT, V.; JANA, J.; MAJA, M.P.; FRANCI, S.; VALENTINA, S. Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). **Food Chem** v. 119, n. 2, p. 477-483, 2010.

- ROMBALDI, C. V. **Armazenamento de caqui**. *Jornal da Fruta*, Lages, n. 232, p. 3, 1999.
- SALVADOR, A.; ARNAL, L.; CAROT, J. M.; CARVALHO, C. P.; JABALOYES, J. M. Influence of different factors on firmness and color evolution during the storability of persimmon cv. Rojo Brillante. **J. Food Sci.** v. 71, n. 2, p. 169-175, 2006.
- SALVADOR, A.; ANARL, L.; BESADA, C.; LARREA, V.; QUILES, A.; PÉREZ-MUNUER, A. Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante'. **Postharvest Biol. Technol.** v. 46, n. 2, p. 181-188, 2007.
- SAMPAIO, R. M.; CARDIM, S. C. M.; PEREZ, V. H.; GUIRALDELLI, L. H.; MARCOS, S. K.; MORAES, I. C. F. Efeito do pré-tratamento físico e químico e de parâmetros osmoconvectivos na obtenção de caqui-passa. **Ciência e Cultura** v. 4, p. 31–37, 2009.
- SCHWIETERMAN, M. L.; COLQUHOUN, T. A.; JAWORSKI, E. A.; BARTOSHUK L. M.; GILBERT, J. L.; TIEMAN, D. M.; ODABASI, A. Z.; MOSKOWITZ, H.R.; FOLTA, K. M.; KLEE, H. J. Strawberry flavor: diverse chemical compositions, a seasonal influence, and effects on sensory perception. **PLoS One** v. 9, n. 2, p. e88446, 2014.
- SHIN, S-R.; SONG J-H.; KIM, S-D.; KIM K-S. 'Changes in the cell structure during maturation and postharvest of persimmon fruits'. **Journal Korean Agricultural Chemistry Society**. v. 34 p. 32 – 37, 1991.
- SILVA, M. J. R.; FERREIRA, T. E.; DOMICIANO, S.; PAIVA, A. P. M.; TECCHIO, M. A.; LEONEL, S. Phenology, yield and fruit quality of four persimmon (*Diospyros kaki* L.) cultivars in Sao Paulo's midwest countryside, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 52, p. 5171-5177, 2016.
- SUBBARAO, K. V.; VIVEK, K. Models for predicting the mass of persimmon (*Diospyros kaki*) fruits by some physical properties. **International Food Research Journal**, v. 24, n. 6, p. 2353-2359, 2017.
- SUGIURA, A.; ZHENG, G.H.; YONEMORI, K. Growth and ripening of persimmon fruit at controlled temperatures during growth stage III. **Hortscience**. v. 26, p. 574-576, 1991.
- SUGIURA, A. Retrospects and prospects on persimmon research. **Acta Hortic.** v. 685, p. 177–186, 2005.
- RAMIN, A. A.; F. TABATABAEI. Effect of various maturity stages at harvest on storability of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L.). **J. Agric. Sci. Technol.** v. 5, p. 113-123, 2003.
- TESSMER, M. A.; BESADA, C.; HERNANDO, I.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; QUILES, A.; & SALVADOR, A. Microstructural changes while persimmon fruits mature and ripen. Comparison between astringent and non-astringent cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 120, p. 52-60, 2016.

VALENTINI, S. R. DE T.; FERREIRA, M. D., ATARASSI, M. E.; BENATO, E. A. Avaliação de linhas de beneficiamento e impactos de queda na qualidade de caqui 'Rama Forte'. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 642-655, 2009.

VIEITES, R. L.; PICANÇO, N. F. M.; DAIUTO, E. R. Radiação gama na conservação de caqui 'Giombo', destanizado e frigoarmazenado. **Rev. Bras. Frutic.** v. 34, n. 3, p. 719-726, 2012.

YAKUSHIJI, H.; NAKATSUKA, A. Recent persimmon research in Japan. **Jpn. J. Plant Sci.** v. 1, n. 2, p. 42-62, 2007.

YAMADA, M.; NASHIMA, K.; SATO, A. Fruit flesh color due to the quantity of brown specks as affected by the number of seeds in fruits of "Fuyu" persimmon. **Acta Horticulturae**, (1195), p. 35-42, 2018.

YESILOGLU, T.; CIMEN, B.; INCESU, M.; YILMAZ, B. Genetic diversity and breeding of persimmon. In **Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops**. IntechOpen. 2018.

ZHAO, D.; ZHOU, C.; & TAO, J. (2010). Carotenoid accumulation and carotenogenic genes expression during two types of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.) Development. **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 29, n. 3, p. 646-654.

ZHENG, G. H.; SUGIURA, A. Changes in sugar composition in relation to invertase activity in the growth and ripening of persimmon (*Diospyros kaki*) fruits. **J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.** v. 59, p. 281-287, 1990.

ZHOU, C.; ZHAO, D.; SHENG, Y.; TAO, J.; YANG, Y. Carotenoids in fruits of different persimmon cultivars. **Molecules** v. 16, p. 624-636, 2011.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Goiás possui condições edafoclimáticas favoráveis à produção de caquis, desde que o cultivo ocorra com a adoção de técnicas adequadas de manejo como o emprego de cultivares menos exigentes em frio, podas precoces, o uso da irrigação e a aplicação da cianamida hidrogenada.

O cultivo do caqui é uma atividade alternativa para a diversificação da produção e aumento da renda para horticultores, especialmente em pequenas e médias propriedades rurais, demandando menos tratamentos, em comparação com outras espécies, e não concorrendo com a mão de obra da maior parte das propriedades regionais que produzem outras frutíferas, com os citros.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBURQUERQUE, N.; GARCÍA-MONTIEL, F.; CARRILLO, A.; BURGOS, L. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. **Environmental and Experimental Botany**. v. 64, n. 2, p. 162-170, 2008.

BALTACIOĞLU, H.; ARTIK, N. Study of postharvest changes in the chemical composition of persimmon by HPLC. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 37, n. 5, p. 568-574, 2013.

BEZERRA, M. R. **Enxertia de mesa, estaquia e fenologia do caquizeiro em regiões tropicais**. 79 p. Dissertação (Mestre em Agronomia – Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2007.

CAMPOS, S. S. D. **Fenologia, estudo da biologia floral, fertilidade do pólen e produção em cultivares de caquizeiro (*Diospyros kaki* L. e *Diospyros virginiana* L.)**. 65p. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Fevereiro, 2014.

CHAO, W. C.; Chao, K. J.; Song, G. Z. M.; Hsieh, C. F. Species composition and structure of the lowland subtropical rainforest at Lanjenchi, Southern Taiwan. **Taiwania**, v. 52, n. 3, p. 253-269, 2007.

CORSATO, C. **Fenologia e carboidratos de reserva do caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) ‘Rama Forte’ em clima tropical**. 2004. 42 p. Tese (Doutorado em Horticultura) – Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

CURI, P.A. N.; TAVARES, B. S.; ALMEIDA, A. B.; PIO, R.; PASQUAL, M.; PECHE, P. M.; SOUZA, V. R. Characterization and influence of subtropical persimmon cultivars on juice and jelly characteristics. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 2, p. 1205-1220. Epub 15 de maio de 2017.

DANIELI, R.; GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; FERRI, V. C.; ROMBALDI, C. V. Efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservabilidade de caqui, Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24 n.1, p. 44-48, 2002.

DEL BUBBA, M.; GIORDANI, E.; PIPPUCCI, L.; CINCINELLI, A.; CHECCHINI, L.; GALVAN, P. Changes in tannins, ascorbic acid and sugar contents in astringent persimmons during on-tree growth and ripening and in response to different postharvest treatments. **J. Food Compos. Anal.** v. 22, p. 668-677, 2009.

DOCEMA, M. L. **Fixação de frutos de caqui, sua relação com o acúmulo de graus-dia e a aplicação de ácido giberélico**. 63 p. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

EL-HAWARY, S. S.; TADROS, S. H.; ABDELMOHSEN, M. M.; MOHAMED, M. S.; EL SHEIKH, E.; NAZIF, N. M.; ELNASR, M. S. Phyto-and Bio-Chemical evaluation of *Diospyros kaki* L. cultivated in Egypt and its biological activities. **Brazilian Journal of Biology**, n. AHEAD, 2019.

FAGUNDES, A. F.; DABUL, A. N. G.; AYUB, R. A. Aminoethoxivinilglicina no controle do amadurecimento de frutos de caqui cv. Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p. 73-75, 2006

FAOSTAT -**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION**. Item: Persimmons. Area: World; from 1994 to 2016 year. 2018. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em 25 janeiro de 2019.

GEORGE, A. P.; REDPATH, S. Health and medicinal benefits of persimmon fruit: A review. **Advances in Horticultural Science**, p. 244-249, 2008.

GEORGE, A.; NISSEN, B.; BROADLEY, R.; COLLINS, R.; RIGDEN, P.; JEFFERS, S.; ISAACSON, B.; LEDGER, S. **Sweet Persimmon Grower's Handbook**. Queensland Department Primary Industries and Fisheries Information Series qi05102, 2005.

GRELLMANN, E. O.; SIMONETTO, P. R.; FIORAVANÇO, J. C. Comportamento fenológico e produtivo de cinco cultivares e uma seleção de caqui em Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1-2, p. 71-76, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Produção Agrícola Municipal, 2017 (Caqui). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 2018-12-03.

INTRIGLIOLO, D. S.; VISCONTI, F.; BONET, L.; PARRA, M.; BESADA, C.; ABRISQUETA, I.; RUBIO J. S.; de PAZ, J. M. Persimmon (*Diospyros kaki*) trees responses to restrictions in water amount and quality. **Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment**, p. 149–177, 2018.

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ C, LOZANO-SANCHEZ J, MARTIN, SAURA D; VALERO M. Characterization of polyphenols, sugars, and other polar compounds in persimmon juices produced under different technologies and their assessment in terms of compositional variations. **Food Chem**v. 182, p. 282-291, 2015.

KANZAKI S. **Genome mapping and molecular breeding in plants**. In: Kole C, editor. *Fruits and Nuts*. Berlin Heidelberg: Springer; p. 353-358, 2007.

KLUGE R. A; TESSMER M. A. **Caqui — *Diospyros kaki***. in *Exotic Fruits Reference Guide 1st Edition* Editors: RODRIGUES S.; SILVA E.; BRITO, E. de. p.113 – 118, 2018.

KUO, C. C.; BAIN, A.; CHIU, Y. T.; HO, Y. C.; CHEN, W. H.; CHOU, L. S.; TZENG, H. Y. Topographic effect on the phenology of *Ficus pedunculosa* var. *mearnsii* (Mearns fig) in its northern boundary distribution, Taiwan. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 14699, 2017.

LIETH, H. (Ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Springer Science & Business Media. v.8, 2013.

LORENZI, H. J.; BACHER, L. B.; de LACERDA, M. T. C. (2015). **Frutas no Brasil: nativas e exóticas (de consumo in natura)**. Segunda edição, 2018.

LUCAS-GONZÁLEZ, R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. Á.; VIUDA-MARTOS, M. Effect of particle size on phytochemical composition and antioxidant properties of two persimmon flours from *Diospyros kaki* Thunb. vars. 'Rojo Brillante' and 'Triumph' co-products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 98, n. 2, p. 504-510, 2018.

MAEDA, H.; AKAGI, T.; TAO, R. Quantitative characterization of fruit shape and its differentiation pattern in diverse persimmon (*Diospyros kaki*) cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 228, p. 41-48, 2018.

MALAGON, C. J. **Diseño y manejo de la plantación del caqui**. El cultivo del caqui, BADENES, C. M. L.; INTRINGLILOLO, M. D.; SALVADOR P. A.; VICENT, C. A. Valencia : Generalitat Valenciana. ISBN:978-84-482-6018-7, 2015.

MARTÍNEZ-CALVO, J.; BADENES, M. L.; LLÁCER, G. **Fichas Varietales Caqui Banco Germoplasma** Madrid : Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), 78 p.; il., 2012.

MARTINS, F.P.; PEREIRA, F.M. **Cultura do caquizeiro**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 71p.

NEUWALD, D. A.; SAQUET, A. A.; SESTARI, I.; SAUTTER, C. K. Persimmon production and commercialization in Brazil: An Overview. **Anais IV International Symposium on Persimmon** v. 833 p. 51-56, 2008.

NISHIYAMA, S.; ONOUE, N.; KONO, A.; SATO, A.; YONEMORI, K.; TAO, R. Characterization of a gene regulatory network underlying astringency loss in persimmon fruit. **Planta**, v. 247, n.3, p. 733-743, 2018.

NUGRAHERI, M.; RAHMAWATI, F. Potencial of *Diospyros kaki* Beverage as Sources of Natural Antioxidant. **Pakistan J. Nutrition**. v. 12, p. 620-627, 2013.

PEREIRA, F. M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Rev. Bras. Frutic.** v. 33, p. 92-108, 2011.

RAMIN A. A.; TABATABAIE F. Effect of Various Maturity Stages at Harvest on Storability of Persimmon Fruits (*Diospyros kaki* L.). **J. Agric. Sci. Technol.** v. 5, p. 113-123, 2003.

RAUF, A.; UDDIN, G.; PATEL, S.; KHAN, A.; HALIM, S. A.; BAWAZEER, S.; MUBARAK, M. S.. *Diospyros*, an under-utilized, multi-purpose plant genus: A review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 91, p. 714-730, 2017.

RAZZOUK, P. L. G. **Avaliação fenológica de variedades de caquizeiro *Diospyros kaki* L. e propagação por estaquia em regiões tropicais**. 2007. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho”, Ilha Solteira, 2007.

SCHWARTZ, M. D. **Phenology: an integrative environmental science**. Segunda edição, Springer, 2013.

SILVA, M. J. R.; FERREIRA, T. E.; DOMICIANO, S.; PAIVA, A. P. M.; TECCHIO, M. A.; LEONEL, S. Phenology, yield and fruit quality of four persimmon (*Diospyros kaki* L.) cultivars in Sao Paulo's Midwest countryside, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 52, p. 5171-5177, 2016.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 760 p.,1998.

SUZUKI, T.; SOMEYA, S.; HU, F.; TANOKURA, M. Comparative study of catechin compositions in five Japanese persimmons (*Diospyros kaki*). **Food Chem.** v. 93, p. 149 – 152, 2005.

TESSMER, M. A.; KLUGE, R. A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. The accumulation of tannins during the development of ‘Giombo’ and ‘Fuyu’ persimmon fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 172, p. 292-299, 2014

VEBERIC, R.; JURHAR, J.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; STAMPAR, F.; SCHMITZER, V. Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.), **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 477-483, 2010.

WOOLF, A. B.; BEN-ARIE, R. Persimmon (*Diospyros kaki* L.). **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**, p. 166–194, 2011.

YAMADA, M.; GIORDANI, E.; YONEMORI, K. **Persimmon**. In: Fruit Breeding. Springer, Boston, MA. p. 663-693, 2012.

YESILOGLU, T.; CIMEN, B.; INCESU, M.; YILMAZ, B. Genetic Diversity and Breeding of Persimmon. In. **Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops**. IntechOpen. 2018.