



**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE E
CONSERVAÇÃO DE FRUTOS
DE HÍBRIDOS DE TOMATEIRO
HETEROZIGOTOS NOS LOCOS *alcobaça,*
*non ripening e ripening inhibitor***

ALCIDES MILITÃO DOS SANTOS JUNIOR

2002



Handwritten scribble or mark, possibly a signature or initials, located in the upper middle section of the page.

Small handwritten mark or initials, possibly a date or initials, located in the lower middle section of the page.

ALCIDES MILITÃO DOS SANTOS JUNIOR

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE FRUTOS
DE HÍBRIDOS DE TOMATEIRO HETEROZIGOTOS NOS LOCOS**
alcobaça, non ripening e ripening inhibitor

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador
Prof. Wilson Roberto Maluf

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2002



Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Santos Junior, Alcides Militão dos

Produtividade, qualidade e conservação de frutos de híbridos de tomateiro heterozigotos nos locos *alcobaça*, *non ripening* e *ripening inhibitor* / Alcides Militão dos Santos Junior. -- Lavras : UFLA, 2002.

86 p. : il.

Orientador: Wilson Roberto Maluf.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

Tomate. 2. Híbrido. 3. *Alcobaça*. 4. *Non ripening* 5. *Ripening inhibitor*. 6. Pós-colheita. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.6426


ALCIDES MILITÃO DOS SANTOS JUNIOR

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE FRUTOS
DE HÍBRIDOS DE TOMATEIRO HETEROZIGOTOS NOS LOCOS**
alcobaça, non ripening e ripening inhibitor

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 13 de maio de 2002

Prof. José Magno Queiroz Luz	UFU
Prof. Luiz Antônio Augusto Gomes	UFLA
Prof. João Cândido de Souza	UFLA
Prof. Sebastião Márcio de Azevedo	UEMG/Passos


Prof. Wilson Roberto Maluf
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A meus pais,

Alcides Militão dos Santos (*in memorian*) e Severina do Carmo dos Santos.

Ao amigo,

Luiz Jorge da Gama Wanderley (*in memorian*).

Aos meus irmãos,

Maria Aparecida dos Santos, Júlio Militão dos Santos,

Maria da Paz dos Santos e José Carlos Militão dos Santos.

A minha avó,

Regina Maria dos Santos.

Aos meus sogros,

Edmundo Pedrosa Pimentel e Olívia Fernandes Pimentel.

Aos meus cunhados,

Edvalmira Andrade de Oliveira, Edmundo Pedrosa Pimentel Júnior, Edson
Fernandes, Ceres Fernandes e Klínger Fernandes Pimentel.

DEDICO.

À minha querida esposa,

Kece Fernandes Pimentel dos Santos,

aos meus amados filhos

João Lucas Fernandes dos Santos,

Maria Isabel Fernandes dos Santos e

João Gabriel Fernandes dos Santos,

pela linda família que somos.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela minha existência e a Nossa Senhora Aparecida, por se fazer presente em minha vida.

À Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão - PE, em nome do Ex-Diretor Geral, Giovani Carício Caldas, pela oportunidade concedida.

Ao CNPq, pela concessão das bolsas de estudos em iniciação científica, mestrado e doutorado.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial aos Departamentos de Agricultura e Ciências dos Alimentos, pela oportunidade concedida.

Ao professor Wilson Roberto Maluf, pela orientação, amizade, confiança e apoio, permitindo uma excelente convivência, que em muito contribuiu para a realização desse trabalho.

Aos professores, José Magno Queiroz Luz, Luiz Antônio Augusto Gomes, João Cândido de Souza e Sebastião Márcio de Azevedo, pelas valiosas sugestões e participação na banca examinadora.

Aos professores Paulo César Tavares de Melo (ESALQ) e Dimas Menezes (UFRPE), Dr. Geraldo Eugênio de França (IPA), Dr. Hélio Almeida Burity (IPA), Dr. Leonardo de Brito Giordano (CNPq), Dr. José Luiz Zoby (CPAC), Dr. Antônio Carlos Torres (CNPq) e Dr. Osmar Alves Carijó (CNPq), pelo incentivo, confiança e amizade.

Aos amigos Laurentino Fernandes Batista e Rosana Arcoverde Bezerra Batista, Antônio Inácio Néto e Delma Maria Torres, pelo apoio e amizade.

Aos professores da UFLA, em nome de Samuel Pereira de Carvalho, Messias José Bastos de Andrade, Luiz Carlos de Oliveira Lima e Moacir Paschoal, pelos ensinamentos e amizade.

À professora Amara Ignácio dos Santos, pelos ensinamentos do primário no Grupo Escolar Mariana Amália.

A todos colegas professores e servidores administrativos da Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão - PE, pelo apoio e incentivo.

Ao amigo Marcos Ventura Faria, pelas valiosas sugestões e orientações no decorrer do Curso e, amizade.

Aos colegas de curso de pós-graduação: Aldo, Ceará, Denilson, Edilene, Fabinho, Flávio, Guilherme, Hebert, Hunaldo, Ildon,IVALDA, João, Jony, José Hortêncio, Juca, Juliano, Karina, Luciano, Márcia, Marta, Moab, Natanael, Nuno, Oscar, Renatinho, Ramon, Rubens, Rodrigo, Sebastião, Tadário, Val, Valter, Viviane e Zélia.

Aos funcionários da HortiAgro Sementes Ltda, especialmente Paulo Moretto, Sebastião Naves e Vicente Licursi.

Aos meus tios Manoel e Nair, Dão e Zuzu, LãO e Lulu, Nunga e Ivone, Lula (*in memorian*) e Géo, Nalva (*in memorian*), Pedro (*in memorian*) e Tica, Déo e Lígia, Duda e Nau, Miguél, Agamenon e Ivonete, Galego e Noêmia, aos meus sobrinhos Júlia, Pedro, Thais, Bárbara, Felipe e demais familiares, pelo amor, incentivo, compreensão e convívio.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que alcançasse a VITÓRIA.

BIOGRAFIA

Alcides Militão dos Santos Junior, filho de Alcides Militão dos Santos (*in memorian*) e de Severina do Carmo dos Santos, nasceu no dia 08 de março de 1965, em Recife, Pernambuco.

Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Belo Jardim, Pernambuco, no ano de 1982.

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, obteve a graduação no ano de 1990.

Em março de 1992, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, obtendo o grau de Mestre em Ciências em Julho de 1993.

Em março de 2000, iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, vindo a obter o grau de Doutor em Ciências em maio de 2002.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Aspectos gerais do tomateiro.....	03
2.2 Mutantes de amadurecimento.....	04
2.3 Heterose em tomateiro.....	07
2.4 Processo de amadurecimento.....	08
2.5 Atributos de qualidade.....	10
2.5.1 Firmeza.....	11
2.5.2 Coloração.....	13
2.5.3 Aparência.....	15
2.5.4 “Flavor” e seus compostos determinantes.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Local.....	18
3.2 Descrição do material experimental.....	18
3.3 Obtenção dos híbridos F ₁ experimentais.....	19
3.4 Instalação e condução do experimento.....	20
3.5 Colheitas e avaliações.....	23
3.5.1 Características de produção.....	23
3.5.1.1 Produção total.....	23
3.5.1.2 produção precoce.....	23
3.5.1.3 Peso médio de frutos.....	23
3.5.1.4 Número de dias da antese até o estágio <i>breaker</i>	24
3.5.2 Avaliações dos atributos de qualidade dos frutos.....	24
3.5.2.1 Diâmetro relativo da cicatriz peduncular.....	24
3.5.2.2 Formato do fruto.....	25
3.5.2.3 Firmeza do fruto.....	25
3.5.2.4 Coloração do fruto.....	26
3.5.3 Avaliações físico-químicas e químicas.....	27
3.5.3.1 Clorofila total e pigmentos carotenóides.....	27
3.5.3.2 pH e acidez total titulável (ATT).....	28

3.5.3.3 Sólidos solúveis totais(SST).....	28
3.5.3.4 Relação SST/ATT (°brix/acidez).....	28
3.5.4 Avaliações bioquímicas.....	29
3.5.4.1 Atividade da enzima poligalacturonase (PG).....	29
3.5.4.2 Atividade da enzima pectinametilesterase (PME).....	29
3.6 Análises estatísticas.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Características de produção.....	34
4.1.1 Produção total.....	34
4.1.2 produção precoce.....	38
4.1.3 Peso médio de frutos.....	39
4.1.4 Número de dias da antese até o estágio breaker.....	40
4.2 Atributos de qualidade dos frutos.....	42
4.2.1 Tamanho relativo da cicatriz peduncular.....	42
4.2.2 Formato do fruto.....	45
4.2.3 Firmeza do fruto.....	46
4.2.4 Coloração do fruto: escala de notas.....	52
4.3 Avaliações físico-químicas e químicas.....	55
4.3.1 Clorofila e pigmentos carotenóides.....	55
4.3.2 pH e acidez total titulável (ATT).....	61
4.3.3 Sólidos solúveis totais (SST).....	65
4.3.4 Relação SST/ATT (°brix/acidez).....	66
4.4 Avaliações bioquímicas.....	67
4.4.1 Atividade das enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase.....	68
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	73
6 CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

RESUMO

SANTOS-JUNIOR, Alcides Militão dos. **Produtividade, qualidade e conservação de frutos de híbridos de tomateiro heterozigotos nos locos *alcobaça*, *non ripening* e *ripening inhibitor***. Lavras: UFLA, 2002. 86p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia)*

Atributos de produtividade, qualidade e conservação pós-colheita foram avaliados para comparar os efeitos promovidos pelos alelos *alcobaça* (*alc*), *non ripening* (*nor*) e *ripening inhibitor* (*rin*), em heterozigose, isoladamente ou em duplas combinações, sobre frutos híbridos de tomateiro. Foram avaliados 10 tratamentos, sendo 7 híbridos experimentais quase isogênicos de *background* FloraDade x Tropic ou recíproco com genótipos alc^-/alc^- , nor^+/nor^+ , rin^+/rin^+ , $alc^-/alc^- nor^+/nor^+$, $alc^-/alc^- rin^-/rin^-$ e $nor^+/nor^+ rin^+/rin^+$ e 3 testemunhas comerciais (FloraDade, Tropic e Carmen F₁). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados completos com 6 repetições. Os híbridos experimentais foram obtidos dos cruzamentos das linhagens FloraDade ($nor^+/nor^+ alc^-/alc^- rin^+/rin^+$), TOM-613 ($nor/nor alc^-/alc^- rin^+/rin^+$), TOM-610 ($nor^+/nor^+ alc/alc rin^+/rin^+$) e TOM-619 ($nor^+/nor^+ alc^-/alc^- rin/rin$), utilizadas como genitores femininos e as linhagens Tropic ($nor^-/nor^- alc^-/alc^- rin^+/rin^+$), FloraDade ($nor^+/nor^+ alc^-/alc^- rin^+/rin^+$), TOM-610 ($nor^-/nor^- alc/alc rin^+/rin^+$), TOM-559 ($nor^+/nor^+ alc/alc rin^-/rin^-$) e TOM-613 ($nor/nor alc^-/alc^- rin^-/rin^-$), fonte de pólen. Contrariamente aos genótipos rin^+/rin^+ e nor^+/nor^+ , o genótipo alc^-/alc^- não prolongou significativamente a firmeza dos frutos em pós-colheita. Os genótipos duplos mutantes $nor^+/nor^+ alc^-/alc^-$, $alc^-/alc^- rin^+/rin^+$ e $nor^+/nor^+ rin^+/rin^+$ foram eficientes em atrasar a perda de firmeza e a evolução da coloração dos frutos; os efeitos dos locos alc^-/alc^- e rin^+/rin^+ , juntos, sofreram desvios significativos em relação à soma dos efeitos desses locos atuando separadamente, no sentido de intensificarem esses atrasos. A coloração final dos frutos $nor^+/nor^+ alc^-/alc^-$ não diferiu visualmente dos demais frutos duplos mutantes, sugerindo que *alc* e *nor* não são alélicos. O *background* do híbrido comercial Carmen F₁, quando comparado ao *background* experimental FloraDade x Tropic, proporcionou maior produção total e precoce e menor peso médio de frutos; também proporcionou frutos com menor tamanho de cicatriz peduncular e com maior longevidade em pós-colheita. O uso de híbridos heterozigotos nas duplas combinações entre os locos *alc*, *nor* e *rin* mostrou-se vantajoso por propiciar frutos firmes, com maior extensão da vida pós-colheita em comparação com os híbridos portadores desses locos isoladamente. A qualidade dos frutos duplos mutantes não foi limitada pelo atraso na evolução da coloração vermelha.

*Orientador: Wilson Roberto Maluf - UFLA

ABSTRACT

SANTOS-JUNIOR, Alcides Militão dos. **Yield, quality and conservation of fruits of heterozygous tomato hybrids in *alcobaça*, *non ripening* and *ripening inhibitor* loci.** Lavras.: UFLA, 2002. 86p. (Thesis-Doctorate in Crop Science)

Yield, quality and conservation features and post-harvest conservation were evaluated to compare the effects promoted by the *alcobaça* (*alc*), *non ripening* (*nor*) and *ripening inhibitor* (*rin*) alleles, in heterozygosis, singly or in double combinations on the hybrid tomato fruits. 10 treatments were evaluated, 7 being experimental almost isogenic hybrids of FloraDade x Tropic background or reciprocal with *alc*⁺/*alc*, *nor*⁺/*nor*, *rin*⁺/*rin*, *alc*⁺/*alc nor*⁺/*nor*, *alc*⁺/*alc rin*⁺/*rin* and *nor*⁺/*nor rin*⁺/*rin* genotypes and three commercial checks (FloraDade, Tropic and Carmen F₁). Complete randomized block design with 6 replicates was utilized. The experimental hybrids were obtained from the crosses of the lines FloraDade (*nor*⁺/*nor*⁺ *alc*⁺/*alc*⁺ *rin*⁺/*rin*⁺), TOM-613 (*nor*/*nor* *alc*⁺/*alc*⁺ *rin*⁺/*rin*⁺), TOM-610 (*nor*⁺/*nor*⁺ *alc*/*alc* *rin*⁺/*rin*⁺) and TOM-619 (*nor*⁺/*nor*⁺ *alc*⁺/*alc*⁺ *rin*/*rin*), utilized as female parents and the lines Tropic (*nor*⁺/*nor*⁺ *alc*⁺/*alc*⁺ *rin*⁺/*rin*⁺), FloraDade (*nor*⁺/*nor*⁺ *alc*⁺/*alc*⁺ *rin*⁺/*rin*⁺), TOM-610 (*nor*⁺/*nor*⁺ *alc*/*alc* *rin*⁺/*rin*⁺), TOM-559 (*nor*⁺/*nor*⁺ *alc*/*alc* *rin*⁺/*rin*⁺) and TOM-613 (*nor*/*nor* *alc*⁺/*alc*⁺ *rin*⁺/*rin*⁺), source of pollen. Oppositely to the genotypes *rin*⁺/*rin* and *nor*⁺/*nor*, the genotype *alc*⁺/*alc* did not significantly extend the firmness of the fruits at post-harvest. The double mutant genotypes *nor*⁺/*nor* *alc*⁺/*alc*, *alc*⁺/*alc* *rin*⁺/*rin* and *nor*⁺/*nor* *rin*⁺/*rin* were efficient in delaying firmness loss and the evolution of coloration of fruits; the effects of loci *alc*⁺/*alc* and *rin*⁺/*rin*, together, underwent significant deviations relative to sum of the effects of these loci, acting singly, in the sense of enhancing those delays. The final coloration of the fruits *nor*⁺/*nor* *alc*⁺/*alc* did not differ visually from those of other mutant double fruits, suggesting that *alc* and *nor* are not allelic. The *background* of the commercial hybrid Carmen F₁ as compared with the experimental *background* FloraDade x Tropic, provided greater total and early yield and less average weight of fruits; also provided fruits with a smaller size of peduncular scar and with a longer post harvest lifetime. Use of heterozygous hybrids in the double combinations among loci *alc*, *nor* and *rin* proved advantageous for providing firm fruits with a longer post harvest lifetime as compared with the hybrids carrying these loci singly. The quality of double mutant fruits was not restricted by the delay in the evolution of the red coloration.

* Major Professor: Wilson Roberto Maluf

1 INTRODUÇÃO

Devido à sua importância econômica, o tomateiro está entre as hortaliças mais estudadas cientificamente. O melhoramento genético do tomateiro, visando a aumentar a sua conservação pós-colheita, tem sido o objetivo de pesquisas de diversos melhoristas. Entre os principais fatos que limitam a conservação pós-colheita de tomates estão as modificações texturais que acompanham o amadurecimento do fruto, tornando-o susceptível à deterioração.

Tanto no Brasil como em outros países, a obtenção de material genético com maior conservação pós-colheita dos frutos, associada à qualidade e coloração desejáveis, é, hoje, um dos objetivos do melhoramento genético da cultura do tomateiro.

Na década de 90, o plantio de cultivares de tomate "longa vida" teve um aumento considerável no Brasil, o que evidencia o reconhecimento, pelo mercado, da necessidade de reduzir as elevadas perdas pós-colheita na cultura. No entanto, a quase totalidade das sementes de cultivares com esta característica é importada. Daí, a necessidade de obter híbridos ou cultivares de tomateiro, "longa-vida", com elevada capacidade de conservação pós-colheita de frutos e que possam ser utilizados com vantagens econômicas pelos produtores brasileiros.

Em geral, os tomaticultores utilizam prática de colheita de frutos no início da maturação (*breaker stage*), dispendo assim de um período maior para comercializar o seu produto na forma "in natura".

Dentre as estratégias para prolongar a vida pós-colheita dos frutos, tem-se estudado o emprego de alelos mutantes de maturação. O uso de mutante de amadurecimento em tomate retarda o amadurecimento e prolonga a conservação. Assim, permite colher frutos em estágio mais avançado de amadurecimento do que os praticados pelos tomaticultores.

A aparência do fruto é o fator de qualidade mais importante, que determina o valor de comercialização do produto. No tomate, os alelos mutantes *alc* (*alcobaça*), *rin* (*ripening inhibitor*) e *nor* (*non ripening*), quando em homozigose, inibem a maturação normal dos frutos, prejudicando sensivelmente a coloração. Entretanto, em heterozigose, os efeitos deletérios na coloração são menos intensos ou até mesmo eliminados. Há uma maturação mais lenta do fruto, retardando o processo natural de amadurecimento, o que interfere principalmente na firmeza e na síntese de pigmentos carotenóides.

Este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos dos alelos mutantes *alc*, *rin* e *nor* em heterozigose (*alc*⁺/*alc*, *rin*⁺/*rin*, *nor*⁺/*nor*) sobre os atributos de produtividade, qualidade e a conservação pós-colheita dos frutos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais do tomateiro

A cultura do tomateiro *Lycopersicon esculentum* Mill tem como região de origem primário a América do Sul, mais precisamente aquela localizada entre o norte do Chile e o sul da Colômbia. Antes da colonização espanhola, o tomate foi levado para o México - centro secundário -, onde passou a ser cultivado e melhorado. A espécie cultivada *Lycopersicon esculentum* originou-se da espécie andina silvestre – *L. esculentum* var. *cerasiforme*, que produz frutos tipo cereja. Foi introduzido na Europa, através da Espanha, entre 1523 e 1554. No Brasil, introduzido por imigrantes europeus no final do século XIX. Pertence à família *Solanaceae* e gênero *Lycopersicon*, sendo a mais universal das hortaliças e destinada à alimentação humana, sob forma industrializada ou "in natura". Seus frutos são climatéricos, com apreciáveis propriedades organolépticas, sendo bastante consumido e de relevante importância econômica no Brasil, o que vem despertando a atenção dos melhoristas. O tomate não é rico em vitaminas e sais minerais, especialmente por conter 94% de água no fruto natural. Entretanto, o fato de ser consumido em maior quantidade, com maior frequência em relação a outras olerícolas, torna-o uma importante fonte de vitamina e sais minerais Filgueira (2000).

O tomate é produzido e consumido, "in natura" ou industrializado, em numerosos países. A maior parte da colheita nacional destina-se à mesa; porém, a produção destinada às agroindústrias vem crescendo, especialmente na região dos cerrados. O tomateiro pode apresentar dois hábitos de crescimento distintos, indeterminado e determinado, os quais condicionam o tipo de cultura. As flores agrupam-se em cachos e são hermafroditas, o que dificulta a fecundação cruzada. Apresenta uma elevada taxa de autofecundação. Atualmente, o lançamento de novas cultivares, especificamente os híbridos, tornou obsoletas as

cultivares tradicionais. Têm sido desenvolvidas cultivares com resistência genética a uma gama variada de características de interesses agrônômicos distintos (Filgueira, 2000).

O aumento da produção de alimentos tem sido uma preocupação constante em todos os países. Paralelamente às técnicas de produção, as pesquisas científicas têm propiciado melhor qualidade e produtividade. Entretanto, nos países em desenvolvimento, a produtividade, para a maioria dos produtos hortifrutícolas, ainda não é competitiva com a dos países desenvolvidos. A qualidade também ainda não é adequada, por falta de tradição do mercado consumidor. Além disso, outro grande desafio para os países em desenvolvimento, são as perdas pós-colheita de hortifrutícolas, estimadas em até 50% para alguns produtos. Dentre as hortaliças, o fruto do tomateiro apresenta baixa conservação pós-colheita, especialmente as cultivares tradicionais, anteriores aos tomates “longa-vida”.

O cultivo de tomates do tipo “longa-vida” tem expandido-se nos últimos anos, especialmente nas regiões sul e sudeste. Há uma procura crescente pelas cultivares com tais características, que geralmente são híbridos F₁. Entretanto, a maioria das cultivares denominadas “longa-vida” é importada, o que onera o custo de produção para o produtor nacional.

2.2 Mutantes de amadurecimento

Os mutantes de amadurecimento *ripening inhibitor (rin)*, *non ripening (nor)* e *alcobaça (alc)* são os que mais se destacam. Eles afetam e inibem, em heterozigose, o processo natural de maturação do fruto de tomate, especialmente a síntese de carotenóides, enquanto outros processos do amadurecimento ocorrem normalmente (Lobo, 1981).

O termo mutante de amadurecimento tem sido empregado para genes mutantes de herança simples como *rin*, *nor* e *alc*, com efeitos múltiplos no amadurecimento do tomate (Tigchelaar et al., 1978).

O alelo *rin*, mutante recessivo, reduz a síntese de carotenóides, reduz o amolecimento e aumenta a conservação pós-colheita dos frutos. Localiza-se no cromossomo 5 do genoma do tomateiro, ligado em atração ao alelo *macrocalyx(mc)* que confere a formação de um cálice maior (Tigchelaar et al., 1978). Reduz significativamente a atividade das enzimas poligalacturonase (Ng & Tigchelaar, 1977; Tigchelaar et al., 1978) e pectinametilesterase, assim como, os teores de caroteno e beta-caroteno (Tigchelaar et al., 1978) e de licopeno (Tigchelaar et al., 1978; Sink et al., 1974). Entretanto, em heterozigose, tais efeitos diminuem (Buescher & Tigchelaar, 1975 e Kopeliovitch, et al., 1979), embora haja alteração no sabor dos frutos (Kopeliovitch, et al., 1982).

O alelo *nor*, mutante recessivo, altera a síntese de carotenóides e amolecimento dos frutos. Está situado no cromossomo 10 e ligado em repulsão em 3,5 cM do alelo *uniform ripening(u)* que confere maturação uniforme dos frutos (Tigchelaar et al., 1978). Em homozigose, o alelo *nor* promove a ausência ou pequena atividade das enzimas poligalacturonase (Buescher & Tigchelaar, 1975; Ng & Tigchelaar, 1977) e pectinametilesterase (Buescher & Tigchelaar, 1975), favorecendo o amolecimento lento do fruto durante a maturação. Já no estado heterozigoto este mutante provoca um amolecimento intermediário do fruto, quando comparado com o amolecimento dos frutos normais (Buescher & Tigchelaar, 1975 e Kopeliovitch, et al., 1979).

Teste de alelismo e relações de ligações indicam que os mutantes de amadurecimento *rin* e *nor* são genes distintos (Tigchelaar et al., 1978). Resultados semelhantes foram encontrados por Mutschler (1984b): esta autora realizou teste de alelismo entre os genes *rin* e *nor*, localizando o gene *rin* no cromossomo 5, constatando o não alelismo entre esses genes.

Descoberto na região de Alcobaça em Portugal (Leal, 1973), a cultivar Alcobaça foi descrita por Almeida, em 1961, como sendo um material de frutos com longa vida após a colheita. Esse padrão anormal de amadurecimento nos frutos desta cultivar é controlado por um único alelo recessivo denominado *alcobaça (alc)* (Kopeliovitch, et al., 1981; Lobo, 1981 e Mutschler, 1984b). Segundo Lobo (1981), o mutante *alc* foi o primeiro material genético com essa característica encontrado no mundo.

A planta portadora do gene *alc* tem um excelente crescimento vegetativo e apresenta frutos amarelos, que podem ser conservados por um período de 6 a 11 meses após a colheita. Após um longo período de armazenamento estes frutos gradativamente começam a perder a turgidez e, sem apodrecer, já num estado final, ficam mumificados (Leal & Shimoya, 1973).

O mutante *alc* afeta os processos envolvidos no amadurecimento do fruto de tomate, tais como coloração, respiração, nível e atividade das enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase (Resende, 1995), assim como, o amolecimento e o armazenamento do fruto (Lobo, 1981 e Mutschler, 1984b). Mutschler (1984a) e Mutschler et al. (1992) relatam que o mutante *alcobaça* em homozigose reduz a síntese total de pigmentos, as taxas de etileno e CO₂, a proporção licopeno/beta-caroteno, bem como o nível e a atividade total da enzima poligalacturonase. Em homozigose, confere aos frutos uma coloração amarela, com alta conservação pós-colheita (Leal, 1973).

Testes de alelismo realizados por Lobo (1981) demonstram que *alc* é um mutante não alélico a *rin*, porém, alélico a *nor*, constituindo-se num terceiro alelo do loco *nor*. Recebe, pois a denominação de *nor*^A. Entretanto, os resultados de Mutschler (1984b) contestam os de Lobo (1981), e indicam que os alelos *alc* e *nor* estão situados no cromossomo 10, em locos diferentes e a uma distância de aproximadamente 17 centimorgans.

2.3 Heterose em tomateiro

Em cultivos de olerícolas, os híbridos F_1 vêm sendo explorados comercialmente no Brasil em plantas autógamas tais como pimentão (Miranda, 1987; Galveas, 1988 e Tavares, 1993), berinjela (Sousa, 1993) e tomate (Maluf et al., 1982 e Melo, 1987).

O efeito heterótico tem sido observado na produção de hortaliças comerciais, tais como aspargo, brócoli, repolho, cenoura, couve-flor, berinjela, cebola, pimentão, milho-doce e tomate (Maluf et al., 1983). Esses efeitos não apenas afetam a produtividade, mas também a precocidade e uniformidade de maturação (Melo, 1987).

O alto custo das sementes híbridas, o desconhecimento de boas combinações híbridas que superem as cultivares padrões e a falta de tecnologia apropriada para produção de sementes híbridas foram até a década de 1990 fatores limitantes para utilização de híbridos F_1 de tomate no Brasil (Maluf, 1982).

Na década de 90, houve um aumento na demanda por cultivares híbridas de tomate. Esse fato promoveu um crescimento tanto da produção nacional como das importações de sementes híbridas. Apesar do valor elevado da semente híbrida, ganhos com a heterose podem compensar o seu maior custo em relação a cultivares tradicionais (Melo et al., 1998).

Maiores valores heteróticos para características de produção, precocidade e formato de fruto são expressos em híbridos de tomate derivados de genitores geneticamente divergentes (Miranda et al., 1982; Ferreira & Miranda, 1983; Maluf et al., 1989).

Melo (1987) obteve valores expressivos de heterose em tomateiro, em que todos os híbridos F_1 superaram a cultivar padrão Ângela Gigante I-5100, quanto à produção de frutos por planta (45,5%), número de frutos por planta

(54,7%), número de frutos por inflorescência (50,7%) e número de lóculos por fruto (45,5%).

A contribuição da heterose para o aumento de produtividade e os efeitos do alelo *alcobaça* no sentido de estender o período de conservação pós-colheita dos frutos demonstram a viabilidade do uso, no Brasil, de híbridos de tomateiros heterozigotos do tipo longa vida, competitivos com os materiais importados (Souza, 1995; Resende, 1995; Freitas, 1996; Filgueiras, 1996; Araújo, 1997; Freitas et al., 1998 e Vilas Boas, 1998).

2.4 Processo de amadurecimento

Algumas alternativas para aumentar a conservação pós-colheita dos frutos de tomate têm sido propostas. Podem ser citadas, como exemplo, o uso de frigorificação, as embalagens apropriadas, bem como o uso de material genético que possua genes mutantes que afetam o processo normal de amadurecimento de frutos (Tabim, 1974). Chitarra e Chitarra (1990) propuseram a utilização de filmes plásticos protetores, atmosfera controlada e baixas temperaturas. No entanto, esses procedimentos sofrem limitações econômicas no Brasil.

Uma alternativa utilizada pelos tomaticultores é a colheita dos frutos no início da maturação (estádio *breaker*). Assim, dispõe-se de um período maior de comercialização dos frutos antes que estes iniciem a degradação. Os atributos de qualidade dos frutos de tomate, tais como “flavor”, coloração e firmeza sofrem influências do estágio de maturação por ocasião da colheita (Vilas Boas, 1998).

As transformações dos frutos durante o período de armazenamento são afetadas por diversos fatores. Dentre eles está a perda d’água, que se dá principalmente pelo ponto de inserção do pedúnculo (cicatriz peduncular). Segundo Leal (1973), uma perda entre 3% a 6% no peso é suficiente para depreciar o fruto.

De todos os frutos climatéricos, o tomate é o mais estudado com respeito aos mecanismos que controlam o seu amadurecimento. Mudanças importantes ocorrem na fisiologia e bioquímica de um fruto de tomate no início do amadurecimento. Estas transformações ocorrem rapidamente e alteram fundamentalmente a aparência, o “flavor”, a textura, a resistência à doenças e a vida de prateleira dos frutos (Hobson & Grieson, 1993).

O processo de amadurecimento do fruto do tomateiro é bastante complexo. Ele envolve algumas atividades metabólicas, com destaque para a degradação da clorofila, produção de açúcares, síntese de carotenóides, aumento na respiração resultando na elevação da taxa de CO₂ interno e redução de O₂ associada à produção de etileno, o que caracteriza o climatério respiratório (Lyons & Pratt, 1963). No entanto, é necessário um determinado tempo ou desenvolvimento celular, após a colheita, para que os frutos apresentem a evolução e o pico climatérico e todas as demais transformações da maturação.

Após a degradação da clorofila, é iniciada a maturação, que é caracterizada pelo aparecimento de pigmentos amarelos (beta-caroteno) e vermelhos (licopeno). Os frutos do tomateiro após a colheita não aumentam mais de tamanho, entretanto, sofrem alterações nos processos bioquímicos durante o amadurecimento e início da senescência. Esses, embora irreversíveis, podem ser retardados (Chitarra & Chitarra, 1990).

Tigchelaar et al. (1978), estudando o mutante *rin*, demonstraram que os frutos de tomateiro mutantes homozigotos *rin/rin* apresentam amadurecimento do tipo não climatérico. Isso significa que, não amadurecem quando colhidos na fase inicial de maturação e não apresentam resposta ao etileno aplicado.

O mutante *alcobaça* promoveu a redução da taxa de amadurecimento do fruto entre os estádios verde-maduro e vermelho. Dessa forma, proporcionou um aumento da vida pós-colheita de 5 dias nos frutos heterozigotos (*alc⁺/alc*) e de

26 dias nos frutos homocigotos (*alc/alc*), comparados aos frutos normais (*alc⁺/alc⁺*) (Mutschler et al., 1992).

O uso de mutantes de amadurecimento *rin*, *nor* e *alc*, em híbridos F₁ de tomate, pode retardar o amadurecimento e prolongar a conservação dos frutos. Esse fato permite colher os frutos em estágio mais avançado de amadurecimento do que o praticado pela maioria dos produtores (Andrade Junior, 1999).

2.5 Atributos de qualidade

A qualidade de frutos e hortaliças corresponde ao conjunto de atributos ou propriedades que os tornam apreciados como alimento. Os requisitos de qualidade se relacionam com o mercado de destino: armazenamento, consumo “in natura” ou processamento. O consumidor tem papel preponderante e, usualmente, utiliza um julgamento subjetivo para a qualidade e aceitação do produto. Produto com excelente aparência (coloração, firmeza, formato) nem sempre apresenta características intrínsecas desejáveis (Chitarra & Chitarra, 1990).

Dessa forma, os produtos precisam ser avaliados no campo, durante o crescimento, na maturidade para a colheita e após a colheita, para melhor conhecimento do valor real e de sua capacidade de conservação. Essas informações são importantes não apenas para satisfazer às exigências do consumidor, mas também por possibilitar a seleção genética de novas cultivares com melhores atributos de produtividade, qualidade e conservação pós-colheita de frutos.

2.5.1 Firmeza

As modificações texturais que acompanham a maturação do fruto, tornando-o susceptível à deterioração, são os principais fatores que limitam a conservação pós-colheita. A redução da textura é resultado da atividade de enzimas hidrolíticas da parede celular que interferem na integridade dos tecidos sob ação da pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) (Vilas Boas, 1998).

A atividade da enzima PG tem influência marcante na mudança da textura do fruto do tomateiro durante o processo de amadurecimento. Os níveis de atividade dessa enzima apresentam uma correlação inversa com a firmeza do fruto de tomate (Ahrens & Huber, 1990). A enzima PG é responsável pela solubilização da pectina, provocando o amolecimento dos tecidos da parede celular. Entretanto, a enzima PME, desempenha um papel fundamental, catalisando processos metabólicos que tornam as paredes celulares mais suscetíveis à ação da PG durante o amadurecimento. Dessa forma, determina a extensão na qual a pectina torna-se acessível à degradação pela PG. Os níveis dessas enzimas nos frutos variam com os genótipos e com o estágio de maturação (Chitarra & Chitarra, 1990).

A enzima PG não é o único, ou mesmo o determinante primário do amaciamento (Hobson & Grierson, 1993). A beta-galactosidase é colocada como uma enzima alternativa à PG no processo de amaciamento de tomates (Carrington & Pressey, 1996). Dessa forma, a crucialidade da PG no amaciamento de frutos é, entretanto, colocada em xeque, à luz de novas descobertas (Vilas Boas, 1998).

Na verdade, tem sido sugerido que a maior suscetibilidade das paredes celulares de tomate à ação da PG durante o amadurecimento deve-se à ação da PME (Koch & Nevins, 1989). No entanto, o bloqueio da expressão da PG por

transformação genética, utilizando o gene antisense para PG não evitou o amaciamento de frutos (Smith et al., 1988; Schuch et al., 1991) ou o fez apenas parcialmente (Kramer et al., 1995; Carrington, Greve e Labavitch, 1993).

O uso dos alelos mutantes *alc* e *rin*, mesmo em heterozigose (*alc*⁺/*alc* ou *rin*⁺/*rin*), promove redução do nível e da atividade das enzimas PG e PME. O processo de amolecimento é então, desacelerado (Filgueiras, 1996), proporcionando frutos com textura mais firme, embora essa resposta seja também função do *background* genético (Araújo, 1997). Entretanto, Resende (1995) não detectou redução na atividade da PG de híbridos *alc*⁺/*alc* relativamente aos genótipos normais *alc*⁺/*alc*⁺, embora tenha detectado redução na atividade de PME e aumento da firmeza de genótipos *alc*⁺/*alc*.

Em frutos maduros de tomates, portadores do gene *nor*, em homozigose, observou-se que os mesmos não apresentam climatério respiratório e nem pico de etileno. Sua firmeza se reduz vagarosamente, apresentando baixa atividade de poligalacturonase (Ng & Tigchelaar, 1977).

Segundo Freitas (1996), o alelo recessivo *alc* afeta os processos envolvidos no amadurecimento do fruto de tomate. Entre eles estão coloração, respiração, nível e atividade poligalacturonase e pectinametilesterase, bem como o amolecimento e armazenamento do fruto. Em heterozigose, o alelo *alcobaça* promove um aumento na firmeza dos frutos e redução na atividade da PME no estágio “breaker”, parecendo não ter efeitos deletérios sobre a qualidade dos frutos (Resende, 1995). O alelo *alcobaça* em heterozigose aumenta a firmeza, retarda o desenvolvimento da coloração vermelha, não causa efeitos deletérios sobre a produção comercial, tamanho de cicatriz peduncular e formato do fruto (Freitas, 1996). Não prejudica a coloração interna ou externa dos frutos nem o teor de licopeno, reduzindo, porém, o teor de beta-caroteno (Araujo, 1997).

O loco *alc* em heterozigose (*alc*⁺/*alc*) também não afeta a produção total, peso médio de fruto, o tamanho da cicatriz penduncular e a perda de peso

de frutos (Faria, 2000). Entretanto, promove uma redução na perda de firmeza e uma menor taxa de evolução da coloração dos frutos, em relação ao genótipo normal (*alc⁺/alc⁺*).

2.5.2 Coloração

A aparência do fruto, baseada principalmente na coloração, é um atributo de qualidade dos frutos de tomate que afeta diretamente a sua aceitação comercial (Thompson et al., 1964; Gómez et al., 1998). É comum consumidores considerarem a cor como o principal fator relacionado à qualidade do fruto; tomates de coloração vermelha e uniforme, quando maduros, são os preferidos. As qualidades físico-químicas dos frutos de tomates, tais como textura, cor e sabor, sofrem influências que dependem do estágio de maturação na ocasião da colheita (Carvalho et al., 1984).

A coloração externa do tomate é resultado da pigmentação da polpa e da epiderme. A cor é condicionada não só pela quantidade total de carotenóides, mas também pela relação licopeno/beta-caroteno, a qual é importante na coloração final, variando com o grau de maturação. O processo de maturação dos frutos está relacionado à degradação das moléculas de clorofila, simultaneamente à síntese de beta-caroteno, seguido de licopeno. Ambos os pigmentos são acumulados nos plastídeos à medida que estes são convertidos em cromoplastos (Hobson & Grierson, 1993). A degradação da clorofila e a síntese de pigmentos carotenóides aumentam com a maturação dos frutos (Sozzi et al., 1996).

Em fruto de tomate, há, inicialmente, uma maior concentração de clorofila no estágio *breaker*. Ela reduz-se com o amadurecimento do fruto, pela decomposição estrutural desse pigmento, em decorrência de vários fatores que atuam isoladamente ou em conjunto. Dentre eles, podem ser citadas as

transformações de pH, causadas principalmente pelo acúmulo de ácidos orgânicos. Os pigmentos carotenóides podem já estar presentes, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila ou podem ser sintetizados, simultaneamente, com a degradação desta. Os carotenóides são, em geral, de cor amarela ou vermelha, caroteno e licopeno, respectivamente, apresentando maiores concentrações quando os frutos estão maduros (Lobo, 1981; Ahrens & Huber, 1990).

Os alelos *rin*, *nor* e *alc* interferem diretamente na síntese de pigmentos carotenóides (Lobo, 1981). Em homozigose, esses mutantes afetam drasticamente a síntese de licopeno (Kopeliovith *et al.*, 1979) e beta-caroteno (Araújo, 1997), não permitindo que os frutos desenvolvam coloração aceitável. Entretanto, em heterozigose (*rin*⁺/*rin*, *nor*⁺/*nor* ou *alc*⁺/*alc*), atuam no sentido de prolongar a firmeza sem que a coloração se torne um fator limitante. Frutos híbridos F₁ (*alc*⁺/*alc*) amadurecidos fora da planta alcançaram coloração normal, sem efeitos deletérios para demais características de interesse (Mutschler *et al.*, 1992; Flori, 1993; Flori & Maluf, 1994; Resende, 1995; Souza, 1995; Filgueiras, 1996; Freitas, 1996; Araújo, 1997; Freitas *et al.*, 1998 e Vilas Boas, 1998).

Alelos específicos, que afetam a coloração e podem dar aos frutos a cor vermelha intensa pelo aumento do teor de licopeno, como os alelos *hp* (*high pigment*) e *og*^f (*old gold-crimson*) (Thompson, 1967), devem ser considerados no sentido de melhorar a coloração final de genótipos *rin*⁺/*rin*, *alc*⁺/*alc* ou *nor*⁺/*nor*. Segundo Faria (2000), a coloração vermelha dos frutos pode ser incrementada por meio da utilização dos alelos *hp* e *og*^f juntos em heterozigose, em genótipos de tomateiro heterozigotos para o loco alcobaça (*alc*⁺/*alc*), sem que haja interferência na firmeza dos frutos.

2.5.3 Aparência

A aparência e “flavor” são atributos de qualidade que determinam o valor de comercialização do produto (Chitarra, 1998). Os fatores que afetam a aparência de frutos são cor, tamanho, forma e deterioração. Durante o amadurecimento de tomates há uma modificação na coloração pela degradação da clorofila e síntese de carotenóides, que vai depender da ação do mutante existente no fruto (Sozzi et al., 1996). A relação entre o teor de clorofila e o de carotenóides dos frutos inverte-se à medida que o processo de maturação avança (Khuidari, 1972).

2.5.4 “Flavor” e seus compostos determinantes

O “flavor” é uma sensação complexa e difícil de ser avaliada, em função da grande variedade de compostos químicos envolvidos (Chitarra, 1998). É determinado pela estimulação da sensibilidade química do consumidor ao aroma e sabor (Salunkhe et al., 1991) e tem uma relação direta com os teores de açúcares e ácidos. Estes são importantes para doçura, acidez e intensidade do “flavor” (Baldwin et al., 1998). A preferência recai sobre aqueles que contêm altos teores dos dois constituintes (Hobson & Grierson, 1993).

Os açúcares constituem 65% a 70% dos sólidos solúveis totais no tomate (Hobson e Kilby, 1985). O teor de açúcares solúveis usualmente aumenta com o amadurecimento dos frutos por meio de processos de biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos. Os principais açúcares solúveis presentes são a glicose, frutose e sacarose (Chitarra & Chitarra, 1990).

A colheita de tomates antes do amadurecimento pleno tem um efeito direto no teor dos açúcares, afetando, assim, a aceitabilidade do produto ao consumidor (Picha, 1986).

Frutos de tomateiro heterozigotos no loco *alcobaça* apresentam, em média, maior teor de sólidos solúveis totais, açúcares e relação sólido solúveis totais/acidez total titulável. Também não afetam a pigmentação final dos frutos de tomates (Vilas Boas, 1998), nem o pH e acidez total titulável (Resende 1995; Filgueiras, 1996; Araujo, 1997 e Vilas Boas, 1998).

Os açúcares e os ácidos contribuem não somente com a doçura ou acidez dos frutos, mas também com a intensidade do “flavor” (Jones & Scott, 1984; Baldwin et al., 1998). Um dos principais problemas que afetam o consumo de tomates “in natura” é a pobreza de “flavor” dos frutos, associada, geralmente, com o estágio de maturação na colheita. Frutos colhidos após o amadurecimento apresentam o melhor “flavor”, mas, neste estágio são facilmente danificados durante a colheita e manuseio pós-colheita. A colheita dos frutos no estágio verde maduro ou “*breaker*” é uma prática comum, com posterior amadurecimento antes ou durante a comercialização (Kader et al., 1977; Stevens et al., 1977; Jones e Scott, 1984; Ratanachinakorn et al., 1997). Acredita-se que o consumidor avalia a qualidade do fruto do tomate, principalmente pela aparência, firmeza e “flavor” (Kader et al., 1978).

Algumas pesquisas visam à melhoria das características químicas, tais como sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH dos frutos. As variações no teor de sólidos solúveis totais entre os frutos de diferentes genótipos são atribuídas a diversos fatores. Entre eles está a capacidade do fruto de importar assimilados fotossintéticos. Aproximadamente metade da matéria seca dos tomates é constituída por açúcares redutores; cerca de 25% ácidos orgânicos e aminoácidos, lipídeos e minerais e o restante sólidos insolúveis em álcool. Desse modo, avalia-se a importância dos açúcares e ácidos orgânicos como constituintes principais tanto da matéria seca total como dos sólidos solúveis totais em tomates (Young et al., 1993).

De acordo com Mencarelli e Saltveit Jr. (1988), para que o tomate seja considerado de excelente qualidade, deve ele apresentar uma relação SST/ATT (°brix/acidez) superior a 10. Este valor difere do estabelecido por Carvalho et al., (1984), que está na ordem de 13,4. Segundo Mencarelli & Saltveit Jr. (1988), além da SST/ATT, são necessários valores mínimos de sólidos solúveis totais e acidez total titulável, em torno de 3% e 0,32%, respectivamente. Segundo Kader et al. (1977), para que os frutos de tomate possam se consumidos “in natura”, devem apresentar uma acidez total titulável superior a 0,32%.

Em média, os tomates *alcobaça* heterozigotos (alc^+/alc) apresentam uma maior relação °brix/acidez que os genótipos normais (alc^+/alc^+) no estágio vermelho maduro (Resende, 1995; Filgueiras, 1996 e Vilas Boas, 1998).

Estudos dos efeitos de *rin*, *nor* e *alc* foram, em grande parte, feitos com materiais de diferentes *backgrounds* genéticos [Lobo (1981) - *alc* e *nor*; Kopeliovitch et al. (1982) - *rin* e *nor*; Mutschler et al. (1992), Araújo (1997), Freitas et al. (1998), Faria (2000) e Dias (2001) – *alc*]. Assim, frequentemente, os resultados não refletem apenas o efeito dos locos em questão, mas também do *background*. Daí a necessidade de se obterem estimativas dos efeitos de rin^+/rin , alc^+/alc , e nor^+/nor , utilizar-se um mesmo *background* genético.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido durante os anos de 2000 e 2001, em duas etapas distintas: na primeira procedeu-se à obtenção dos híbridos experimentais de tomate longa vida no Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras-UFLA. A segunda fase foi a instalação e condução do experimento em estufa, na Estação de Pesquisa de Hortaliças no município de Ijaci, MG (Hortiagro sementes Ltda).

Posteriormente, foram feitas as avaliações de produção em condições de estufa, assim como análises laboratoriais dos atributos de qualidade e a capacidade de conservação pós-colheita dos frutos de tomate. Tais análises foram realizadas nos laboratórios de Biotecnologia e de Fisiologia de Pós-Colheita, dos Departamentos de Agricultura e Ciências dos Alimentos, respectivamente.

3.2 Descrição do material experimental.

O germoplasma utilizado neste trabalho faz parte do programa de melhoramento genético, conduzido pelo professor Wilson Roberto Maluf, na Universidade Federal de Lavras. Foram obtidos sete híbridos experimentais, do cruzamento de seis linhagens de tomateiro (Quadro 1). As linhagens FloraDade ($nor^+/nor^+ alc^+/alc^+ rin^+/rin^+$), TOM-613 ($nor/nor alc^+/alc^+ rin^+/rin^+$), TOM-610 ($nor^+/nor^+ alc/alc rin^+/rin^+$) e TOM-619 ($nor^+/nor^+ alc^+/alc rin/rin$) foram utilizadas como genitores femininos. Já as linhagens Tropic ($nor^+/nor^+ alc^+/alc^+ rin^+/rin^+$), FloraDade ($nor^+/nor^+ alc^+/alc^+ rin^+/rin^+$), TOM-610 ($nor^+/nor^+ alc/alc rin^+/rin^+$), TOM-559 ($nor^+/nor^+ alc/alc rin^+/rin^+$) e TOM-613 (nor/nor

alc⁺/alc⁺ rin⁻/rin⁺), foram utilizadas como fonte de pólen. Os sete híbridos obtidos são de *background* FloraDade x Tropic ou recíproco (Quadro 2) e representam, além do *background* normal [F_1 (FloraDade x Tropic)], suas versões quase isogênicas *alc⁺/alc⁻, nor⁺/nor⁻, rin⁺/rin⁻, alc⁻/alc⁺ nor⁺/nor⁻, alc⁺/alc⁻ rin⁺/rin⁻* e *nor⁺/nor⁻ rin⁺/rin⁻*. Essas notações aqui empregadas pressupõem o não-alelismo entre *alc* e *nor*, conforme relatado por Mutschler (1984b), uma hipótese sobre a qual ainda não há consenso na literatura (Lobo, 1981). Os sete híbridos experimentais, juntamente com as linhagens parentais FloraDade e Tropic, mais o híbrido comercial Carmen F_1 (*rin⁺/rin⁻*) constituíram os 10 tratamentos utilizados nos experimentos (Quadro 2).

3.3 Obtenção dos híbridos F_1 experimentais

Os híbridos experimentais foram obtidos por cruzamentos, os quais foram realizados antes da antese dos botões florais das plantas maternas. Utilizou-se a técnica de emasculação e polinização manual. Quando a flor estava completamente amarelada, o pólen foi retirado com o auxílio de um vibrador elétrico, e armazenado na câmara fria, em recipiente fechado. Após a emasculação nos botões florais das plantas maternas que apresentavam as pétalas com coloração ligeiramente esbranquiçada ou esverdeada, e nunca amareladas, procedeu-se às polinizações. O pólen recém-extraído foi colocado no estigma dos botões florais, sendo a flor polinizada marcada de imediato com fio de lã, o qual, dependendo da cor, definia a origem do progenitor masculino. Os frutos foram colhidos quando estavam fisiologicamente maduros, para extração das sementes híbridas.

QUADRO 1 Materiais utilizados na produção dos híbridos experimentais. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Linagem	Background	Genótipo
FloraDade	FloraDade	<i>nor⁻/nor⁻ alc⁺/alc⁻ rin⁺/rin⁺</i>
TOM-559	FloraDade	<i>nor⁺/nor⁺ alc/alc rin⁺/rin⁺</i>
TOM-613	FloraDade	<i>nor/nor alc⁺/alc⁺ rin⁺/rin⁺</i>
TOM-610	Tropic	<i>nor⁺/nor⁺ alc/alc rin⁺/rin⁺</i>
TOM-619	Tropic	<i>nor⁻/nor⁺ alc⁺/alc⁺ rin/rin</i>
Tropic	Tropic	<i>nor⁻/nor⁺ alc⁺/alc⁻ rin⁺/rin⁺</i>

3.4 Instalação e condução do experimento

O experimento foi realizado num delineamento de blocos casualizados com 10 tratamentos (Quadro 2), seis repetições e oito plantas por parcela, perfazendo um total de 480 plantas. As sementes dos sete híbridos experimentais, juntamente com as três testemunhas FloraDade, Tropic e o híbrido comercial Carmen F₁, foram semeadas em caixas plásticas contendo substrato comercial PLANTIMAX[®]. Posteriormente, as plântulas foram repicadas para bandejas de isopor de 128 células. Foi utilizado o substrato comercial PLANTIMAX[®] misturado à palha de arroz na proporção de 1:1, aos quais se adicionaram 800g de adubo na formulação 4-14-8 para cada 80 litros de mistura.

O transplântio das mudas foi feito aos 30 dias após a semeadura, para três canteiros com fileira dupla, com espaçamento de 70cm entre linhas e 40cm entre plantas. As adubações de plantio, cobertura e os tratamentos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações para o cultivo de tomate (Filgueira, 1982) e a irrigação foi feita por gotejamento. As plantas foram estaqueadas com bambu e conduzidas com uma haste principal até o final da colheita.

No decorrer do florescimento das plantas, a cada dois dias, foram marcadas, com lã colorida, as flores abertas naquele dia (a cada data uma cor

correspondente), totalizando, no mínimo, vinte flores por parcela. Após o desenvolvimento dos frutos marcados, esses foram colhidos no estágio *breaker*. Esse estágio é caracterizado pela “quebra” do estado verde dos frutos com o aparecimento de manchas levemente amareladas ou avermelhadas na região da cicatriz estilar, ao início da maturação. Os dias decorridos desde a antese correspondente, foram registrados.

QUADRO 2 Descrição dos dez tratamentos quanto à constituição nos locos *alc*, *nor* e *rin* e ao *background* genotípico

Tratamentos	Descrição	Genótipos nos locos <i>alc</i> , <i>nor</i> e <i>rin</i>	Background
1	FloraDade (testemunha comercial)	normal	FloraDade
2	Tropic (testemunha comercial)	normal	Tropic
3	F1(FloraDade x Tropic)	normal	FloraDade x Tropic
4	F1(TOM-610 x FloraDade)	heterozigoto <i>alc</i>	Tropic x FloraDade
5	F1(TOM-613 x Tropic)	heterozigoto <i>nor</i>	FloraDade x Tropic
6	F1(TOM-619x FloraDade)	heterozigoto <i>rin</i>	Tropic x FloraDade
7	F1(TOM-613 x TOM-610)	heterozigoto <i>alc</i> & <i>nor</i>	FloraDade x Tropic
8	F1(TOM-619 x TOM-559)	heterozigoto <i>alc</i> & <i>rin</i>	Tropic x FloraDade
9	F1(TOM-619 x TOM-613)	heterozigoto <i>nor</i> & <i>rin</i>	Tropic x FloraDade
10	Carmen F ₁ (testemunha comercial)	heterozigoto <i>rin</i>	Carmen

3.5 Colheitas e avaliações

Durante o ciclo da cultura do tomateiro, no período de 19/03/01 a 25/04/01, foram realizadas dezesseis colheitas. Esses frutos foram utilizados para posterior avaliação das características dos atributos de produtividade, qualidade e conservação pós-colheita.

3.5.1 Características de produção

3.5.1.1 Produção total

A produção total foi obtida pelo somatório dos pesos dos frutos de cada parcela, referente às dezesseis colheitas. O resultado foi expresso em toneladas por hectare ($t.ha^{-1}$).

3.5.1.2 Produção precoce

Somando-se o peso dos frutos coletados de cada parcela, até a quinta colheita, obteve-se a produção precoce. Os dados foram obtidos em quilogramas por parcela, sendo os resultados expressos em toneladas por hectares ($t.ha^{-1}$).

3.5.1.3 Peso médio de frutos

O peso médio dos frutos foi obtido dividindo-se o peso total dos frutos de cada parcela pelo número de frutos da referida parcela, referentes às dezesseis colheitas. Os resultados foram expressos em g/fruto.

3.5.1.4 Número de dias da antese até o estágio *breaker*

Por ocasião da colheita, foram amostrados oito frutos por parcela para a contabilização do número de dias da antese até o estágio *breaker* de maturação (colheita). Para efeito de análise estatística, foram consideradas as médias dos oito frutos de cada parcela.

3.5.2 Avaliações dos atributos de qualidade dos frutos

As colheitas foram realizadas pela manhã. Foram selecionados os frutos no estágio de maturação “*breaker*”, caracterizado pelo aparecimento no início da maturação, de manchas levemente amarelas ou vermelhas no ápice. Os frutos foram transportados para os laboratórios de Biotecnologia e Fisiologia de Pós-Colheita da UFLA. Foram, então, novamente selecionados quanto à uniformidade de tamanho, grau de maturação e ausência de defeitos, sendo amostrados oito frutos por cada parcela. Os frutos foram armazenados em câmara fria a 15° C e umidade relativa de 60%, em prateleiras onde permaneceram durante todo o período das avaliações,

3.5.2.1 Diâmetro relativo da cicatriz peduncular

As medidas de maior diâmetro da cicatriz peduncular e do diâmetro de cada fruto foram obtidas utilizando-se um paquímetro. O diâmetro relativo da cicatriz peduncular é a razão entre essas duas medidas, sendo consideradas as médias dos oito frutos de cada parcela.

3.5.2.2 Formato do fruto

Esta característica foi obtida pela medida do comprimento (C) e a largura (L) de cada fruto, com auxílio de um paquímetro. A relação comprimento/diâmetro indicará o formato do fruto. Relação de medidas $C/L < 1$, $C/L = 1$ e $C/L > 1$ correspondem aos formatos achatados, redondo e oblongo, respectivamente.

3.5.2.3 Firmeza do fruto

Por ocasião da colheita, os oito frutos amostrados foram identificados e avaliados quanto à firmeza, pela técnica de aplanção (Calbo & Nery, 1995). Esta avaliação foi denominada de firmeza no dia 0 (zero), a qual corresponde ao estágio *breaker* de maturação. Logo após a primeira avaliação de firmeza, os frutos foram armazenados em câmara fria, mantendo-se constante a temperatura de 15°C e umidade relativa 60%. Os frutos foram acondicionados em prateleiras, onde permaneceram durante todo o período de avaliações. As avaliações foram feitas a cada dois dias.

A técnica de aplanção de Calbo & Nery (1995) consiste em exercer uma pressão de um peso de 0,965 kgf sobre os frutos, em um ponto denominado de ponto de prova (F), durante 30 segundos. À base desse ponto de prova, uma pequena placa de acrílico no sentido horizontal atua diretamente na superfície do fruto, sempre em um mesmo ponto previamente demarcado na região e em local que separe dois lóculos. A pressão sobre o fruto promove a formação de uma superfície de contato de formato elipsoidal, delimitado por uma marca de óleo mineral com corante. Com um paquímetro foi medido o maior (a) e menor (b) diâmetro do formato elipsoidal delineado. Estas duas medidas de diâmetro, aplicadas para a fórmula $A = 0,7854 \times a \times b$, forneceram a área da superfície

aplanada (A) em cm^2 . A firmeza (P) poderá ser determinada pela divisão do peso do ponto de prova (F) pela área aplanada (A). Os resultados foram expressos em unidade de pressão kgf/cm^2 ou, ainda, N.m^{-2} .

3.5.2.4 Coloração do fruto

Esta avaliação foi feita pela observação visual, de acordo com a evolução da coloração externa dos frutos (expressa com % da superfície do fruto com cor vermelha). Os frutos amostrados por cada parcela foram colhidos no estágio *breaker* de maturação. Receberam notas individuais diariamente, até o décimo oitavo dia de armazenamento na câmara fria, dentro de uma escala de notas que variou de 1 a 5, conforme descrito a seguir:

NOTA 1: corresponde a frutos com poucas listras ou manchas de coloração amarela ou vermelha (*breaker stage*), cobrindo até 10% da superfície do fruto;

NOTA 2: corresponde a frutos com 20% a 40% da área da superfície com coloração vermelha;

NOTA 3: corresponde a frutos com 40% a 60% da área da superfície com coloração vermelha;

NOTA 4: corresponde a frutos com 60% a 80% da área da superfície com coloração vermelha;

NOTA 5: corresponde a frutos com mais de 80% da área da superfície com coloração vermelha;

3.5.3 Avaliações físico-químicas e químicas

As amostras dos frutos de tomates utilizadas para determinar as avaliações físico-químicas, químicas e bioquímicas foram obtidas em três estádios de maturação (*breaker*, intermediário e maduro).

3.5.3.1 Clorofila total e pigmentos carotenóides

Os teores de clorofila total foram determinados após homogeneização, em homogeneizador de tecidos (Tissumizer – Tekmar company, tipo SDT 1880), de 1g do tecido pericárpico em 10ml de acetona (Bruinsma, 1963). Os resultados, expressos em mg por 100g de polpa, foram obtidos pela seguinte equação:

$$\text{Clorofila total} = [(A_{652} \times 1000 \times V/1000W)/34,5] \times 100,$$

em que:

A = absorbância

V = volume do extrato clorofila acetona

W = massa do tecido pericárpico em gramas.

Para a quantificação dos teores de pigmentos carotenóides foi coletado 1g do tecido pericárpico de cada fruto, isento de casca. A extração dos pigmentos foi feita com uma mistura de acetona: hexano (4:6) e os teores foram determinados segundo Nagata & Yamashita (1992). Os teores de licopeno e beta-caroteno, expressos em mg por 100g de polpa, foram obtidos a partir das seguintes equações:

$$\text{Licopeno} = -0,0458A_{663} + 0,204A_{645} + 0,372A_{505} - 0,0806A_{453}$$

$$\text{beta-caroteno} = 0,216A_{663} - 1,22A_{645} - 0,304A_{505} + 0,452A_{453}$$

em que:

A_{663} , A_{645} , A_{505} e A_{453} , são leituras de absorvância nos respectivos comprimentos de onda.

3.5.3.2 pH e acidez total titulável

O pH foi determinado por potenciometria, em potenciômetro Digimed modelo DMpH-2, após filtragem do homogenato em gaze.

O pericarpo congelado foi triturado em liqüidificador na proporção 1:2 (polpa:água). O suco obtido da liquefação das amostras de frutos foi utilizado para determinação da acidez total titulável. Esta foi medida por titulação do homogenato filtrado em gaze com NaOH 0,1N, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985) e os resultados expressos % de ácido cítrico.

3.5.3.3 Sólidos solúveis totais

O extrato aquoso das amostras de frutos após liquefação foi avaliado por refratometria, em refratômetro digital ATAGO PR-1000, após filtragem do homogenato em gaze. Os resultados foram expressos em % (°brix), segundo ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC, 1992).

3.5.3.4 Relação SST/ATT (°brix/acidez)

Esta relação foi determinada dividindo-se o valor de sólidos solúveis totais pelo valor da acidez total titulável. Esta característica está relacionada com a palatabilidade de frutos (Carvalho et al., 1984).

3.5.4 Avaliações bioquímicas

3.5.4.1 Atividade da enzima poligalacturonase (PG)

Esta análise foi determinada segundo Markovic et al., 1975. O extrato foi incubado em solução a 0,25% de ácido poli-galacturônico (lavado com etanol 80% antes do uso) em tampão acetato de sódio 37,5mM pH 5,0 por 3 horas. A reação foi interrompida em banho-maria fervente e os grupos redutores liberados determinados pela técnica de Somogyi modificada por Nelson (1944), usando glicose anidra como padrão. Como branco foi usado extrato inativado termicamente e incubado nas mesmas condições.

3.5.4.2 Atividade da enzima pectinametilsterase (PME)

Atividade da enzima pectinametilsterase foi determinada segundo Hultin et al., 1966 e Ratner et al., 1969. Tomou-se 1 ml do extrato enzimático, adicionando-o sobre 30 ml da solução pectina cítrica 1% em NaCl 0,1M. Fez-se o ajuste do pH para 7,0, utilizando a solução de NaOH 0,01N. Para que o ajuste do pH fosse mais rápido, foram adicionadas algumas gotas de NaOH 0,1N. Ao atingir pH 7,0, passou-se a titular com NaOH 0,01N, a partir de uma bureta durante, 10 minutos, a fim de neutralizar o meio acidificado pela atividade enzimática.

Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de $1 \cdot \text{mol}$ de $\text{NaOH} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ massa fresca, sob as condições de ensaio.

3.6 Análises estatísticas

Os dados das características de produção e atributos de qualidade de frutos foram submetidos à análise de variância efetuadas com o emprego do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System). Empregou-se o esquema adequado para o modelo estatístico para o delineamento adotado:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = valor observado no tratamento i , na repetição j ;

m = média geral;

t_i = efeito do tratamento i ; $i = 1, 2, \dots, 10$;

b_j = efeito do bloco j ; $j = 1, 2, 3, 4$;

e_{ij} = erro experimental; $e_{ij} \cap \text{NID}(0, \sigma^2)$

Os dados das características físico-químicas, químicas e bioquímicas, foram submetidas à análise de variância com o emprego do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS, 1990). Empregou-se o esquema adequado para o modelo estatístico para o delineamento adotado:

$$Y_{ijk} = m + t_i + d_j + td_{ij} + b_k + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} = valor observado no tratamento i , na repetição j , estágio k ;

m = média geral;

t_i = efeito do tratamento i ; $i = 1, 2, \dots, 10$;

d_j = efeito do estágio j ; $j = 1, 2, 3$;

td_{ij} = efeito da interação do tratamento i com o estágio j ;

b_k = efeito do bloco k ; $k = 1, 2$;

e_{ijk} = erro experimental; $e_{ijk} \cap \text{NID}(0, \sigma^2)$

Uma vez que os híbridos experimentais avaliados são quase isogênicos, foram calculados contrastes não ortogonais de interesse entre os pares de híbridos para avaliar os efeitos isolados dos locos *nor*, *alc* e *rin*, em heterozigose, bem como os efeitos das duplas combinações heterozigóticas entre esses locos. Também foram calculados contrastes para avaliar a não-aditividade entre os efeitos dos locos em questão, dois a dois (Quadro 3).

Adotaram-se modelos de regressão para o ajuste da evolução da coloração e perda de firmeza dos frutos ao longo das avaliações. A evolução da coloração dos frutos foi medida anotando-se, para cada parcela, o número de dias para atingir as notas 3, 4 e 5 de coloração. A meia vida de firmeza (T) foi obtida através da regressão dos dados de firmeza (A), de cada parcela, no número de dias decorridos (X), através do modelo estatístico do decaimento exponencial: $A = A_0 * (1/2)^{X/T}$, em que A_0 = firmeza ($N.m^{-2}$) inicial dos frutos no estágio *breaker* (=dia 0) ; X = número de dias decorridos após colheita no estágio *breaker*; T= meia vida da firmeza (medida em dias); A = firmeza ($N.m^{-2}$) após decorridos X dias. As curvas foram calculadas com o recurso do pacote estatístico SAS (*Statistical Analysis System*), utilizando-se para o modelo de decaimento exponencial, a transformação logarítmica seguida de regressão linear.

Os valores obtidos para a firmeza de frutos, ao longo do tempo decorrido após a colheita, foram ajustados ao modelo de decaimento exponencial indicado acima. Com base na equação ajustada, foram estimadas para cada parcela:

- (a) a firmeza inicial do fruto no estágio *breaker* (A_0);
- (b) a meia vida da firmeza (T);
- (c) o número de dias decorridos para que os frutos atinjam firmeza de $2,0.10^4 N.m^{-2}$;
- (d) o número de dias decorridos para que os frutos atinjam firmeza de $2,5.10^4 N.m^{-2}$.

(e) o número de dias decorridos para que os frutos atinjam firmeza de $3,0 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-2}$.

A não-aditividade dos efeitos de cada dois alelos mutantes em heterozigose, corresponde ao desvio do genótipo portador da dupla combinação entre esses alelos, relativamente à soma dos seus efeitos isoladamente.

O contraste entre o híbrido experimental F_1 (TOM-619x FloraDade) e o híbrido comercial Carmen F_1 , ambos heterozigotos para o loco *rin* (rin^+/rin), indicam o efeito do *background* genotípico sobre as características avaliadas, livre dos possíveis efeitos do alelo mutante *rin*.

QUADRO 3 Contrastes não ortogonais de interesse entre os tratamentos

Contrastes de interesse	Estimadores*
FloraDade vs Tropic	T1-T2
Heterose em background normal	$T3 - 0.5*(T1+T2)$
Efeito do ⁺ /alc somente	T4-T3
Efeito do ⁺ /nor somente	T5-T3
Efeito do ⁺ /rin somente	T6-T3
Efeito da combinação ⁺ /nor ⁺ /alc	T7-T3
Efeito da combinação ⁺ /alc ⁺ /rin	T8-T3
Efeito da combinação ⁺ /nor ⁺ /rin	T9-T3
Não-aditividade dos efeitos de ⁺ /nor e ⁺ /alc	$(T7-T3)-(T5-T3)-(T4-T3) = T7+T3-T5-T4$
Não-aditividade dos efeitos de ⁺ /alc e ⁺ /rin	$(T8-T3)-(T4-T3)-(T6-T3) = T8+T3-T4-T6$
Não-aditividade dos efeitos de ⁺ /nor e ⁺ /rin	$(T9-T3)-(T5-T3)-(T6-T3) = T9+T3-T5-T6$

A descrição dos tratamentos T1 a T9 constam no Quadro 2

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características de produção

Os resultados das análises de variância das características produção total, produção precoce, peso médio de frutos e número de dias da antese ao estágio *breaker* de maturação de frutos de tomateiro, com os valores dos quadrados médios e respectivas significâncias, e os coeficientes de variação e as médias dos tratamentos encontram-se na Tabela 1.

Para todas as características avaliadas foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Comparando-se os pares de híbridos, por meio de contrastes não ortogonais, pôde-se quantificar os efeitos dos locos *alc*, *rin* e *nor*, em heterozigose, isoladamente ou em dupla combinações, sobre as características avaliadas (Tabela 2).

4.1.1 Produção total

Foram observadas diferenças significativas entre os híbridos avaliados. A produção total média variou de 48,85 t.ha⁻¹ para o híbrido F₁(TOM-619 x TOM-613) a 83,51 t.ha⁻¹ para o híbrido comercial Carmen-F₁, utilizado como testemunha (Tabela 2).

A diferença de produção total de frutos entre os híbridos portadores do loco *rin*⁺/*rin*, Carmen F₁ e F₁ (TOM-619 x FloraDade), foi significativa (Tabela 2). Esse resultado reflete a superioridade do *background* do híbrido comercial Carmen F₁ sobre a produção em relação ao *background* híbrido FloraDade x Tropic.

Os valores dos contrastes que envolvem os híbridos avaliados foram negativos. Isso indica que, de modo geral, os alelos *alc*, *nor* e *rin*, em heterozigose, isoladamente ou em combinações duplas, tenderam a reduzir a produção total de frutos (Tabela 2). Esse efeito foi significativo para o genótipo *rin*⁺/*rin* isoladamente. Embora o alelo *nor* em heterozigose, isoladamente, não tenha apresentado efeito significativo sobre a produção total de frutos, quando em duplas combinações com *alc* ou *rin* heterozigotos, pôde ser verificado seu efeito negativo na produção.

As estimativas dos contrastes que avaliam os efeitos da não-aditividade entre os locos *alc*, *nor* e *rin*, em heterozigose, foram não significativas. Isso demonstra que não houve desvios significativos dos efeitos dos duplos mutantes em relação à soma dos efeitos dos mutantes isoladamente.

A não significância dos contrastes envolvendo os genótipos que possuem o alelo *alc* em heterozigose, isoladamente (*alc*⁺/*alc*) ou em combinação com o alelo *rin*, (*alc*⁺/*alc rin*⁺/*rin*) também em heterozigose, permite dizer que a produtividade dos híbridos entre as linhagens de *background* FloraDade e Tropic (Tabela 2) não foi afetada por estes genótipos.

Os resultados obtidos por Freitas (1996), Faria (2000) e Dias (2001) com relação ao efeito do alelo *alc* em heterozigose, em híbridos com *backgrounds* genéticos distintos do presente experimento, também indicaram que a produção total de frutos não foi afetada por esse mutante.

TABELA 1 Resumo da análise de variância relativa a produção total ($t.ha^{-1}$), produção precoce ($t.ha^{-1}$) e peso médio de frutos (g). UFLA, Lavras-MG, 2001.

FV	GL	Quadrados médios			
		Produção total($t.ha^{-1}$)	Produção precoce($t.ha^{-1}$)	Peso médio frutos(g)	Nº de dias da antese ao estágio <i>breaker</i>
Blocos	5	1109,48**	26,18	2961,63**	1,76
Tratamentos	9	777,30**	266,06**	2930,82**	13,37**
Resíduo	45	114,57	14,73	333,90	1,47
C.V.(%)		17,45	32,86	9,60	2,61

**;* Significativas a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 2. Valores médios de produção total em t.ha⁻¹, produção precoce em t.ha⁻¹ e peso médio de frutos em gramas, e contrastes não ortogonais de interesse de 10 genótipos híbridos de tomateiro, em função do background FloraDade e Tropic. Lavras: UFLA, 2001.

TRATAMENTOS	GENÓTIPOS	Produção total(t.ha ⁻¹)	Produção precoce(t.ha ⁻¹)	Peso médio frutos(g)	Dias da antese até o estágio <i>breaker</i>
T1 - FloraDade	normal	65,61 ab	16,28 b	169,63 cd	44,97 de
T2 - Tropic	normal	65,74 ab	13,85 b	225,95 a	47,68 abc
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	normal	65,68 ab	17,18 b	211,95 ab	45,38 cde
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	heterozigoto <i>alc</i>	63,11 ab	12,05 bc	192,62 abc	45,12 de
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	heterozigoto <i>nor</i>	58,62 b	11,90 bc	189,77 bc	46,13 bcde
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	heterozigoto <i>rin</i>	46,96 b	6,34 cd	192,55 abc	46,72 abcd
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	heterozigoto <i>nor & alc</i>	45,46 b	3,37 d	197,83 abc	48,88 a
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	heterozigoto <i>alc & rin</i>	59,64 b	5,63 cd	187,48 bc	47,60 abc
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	heterozigoto <i>nor & rin</i>	48,85 b	5,46 cd	191,35 abc	47,77 ab
T10 - Carmen F ₁	híbrido testemunha <i>rin</i>	83,51 a	24,74 a	143,90 d	44,38 e
média dos tratamentos		60,32	11,67	190,30	46,46

CONTRASTES DE INTERESSES	EFEITOS AVALIADOS	ESTIMATIVAS			
		Produção total(t.ha ⁻¹)	Produção precoce(t.ha ⁻¹)	Peso médio frutos(g)	Dias da antese até o estágio <i>breaker</i>
T1 - T2	FloraDade vs Tropic	-0,135	2,425	-56,317**	-2,72**
T3 - [0.5*(T1 + T2)]	Heterose em background normal	0,008	2,093	14,158	-0,94
T4 - T3	Efeito do <i>alc</i> ⁺ / <i>alc</i> somente	-2,570	-5,108*	-19,333	-0,27
T5 - T3	Efeito do <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> somente	-7,058	-5,255*	-22,183*	0,75
T6 - T3	Efeito do <i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> somente	-18,722 **	-10,815**	-19,400	1,33
T7 - T3	Efeito da combinação. (<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i>)(<i>alc</i> ⁺ / <i>alc</i>)	-20,220 **	-13,785**	-14,117	3,50**
T8 - T3	Efeito da combinação (<i>alc</i> ⁺ / <i>alc</i>) (<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>)	-6,045	-11,503**	-24,467*	2,22**
T9 - T3	Efeito da combinação (<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i>) (<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>)	-16,830 **	-11,701**	-20,600	2,38**
T7 + T3 - T5 - T4	Não-aditividade (<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i>) e (<i>alc</i> ⁺ / <i>alc</i>)	-10,591	-3,421	27,400	3,02**
T8 + T3 - T4 - T6	Não-aditividade (<i>alc</i> ⁺ / <i>alc</i>) e (<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>)	15,246	4,420	14,267	1,15
T9 + T3 - T5 - T6	Não-aditividade (<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i>) e (<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>)	8,950	4,368	20,983	0,30

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* =0,05).

** , * significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

4.1.2 Produção precoce

Em geral, os genótipos avaliados apresentaram diferenças significativas entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) para produção precoce (Tabela 2).

Dos genótipos avaliados, o que menos produziu nas primeiras colheitas foi o híbrido F_1 (TOM-613 X TOM-610) heterozigoto para os locos *nor* e *alc*. Ele apresentou produção precoce de $3,37 \text{ t.ha}^{-1}$, enquanto que a testemunha comercial Carmen- F_1 teve a colheita mais antecipada, com produção precoce de $24,74 \text{ t.ha}^{-1}$ (Tabela 2).

O híbridos comercial Carmen F_1 e o híbrido experimental F_1 (TOM-619 x FloraDade), heterozigotos para o loco *rin*, apresentaram diferenças significativas na produção precoce (Tabela 2). Isso demonstra que a produção precoce é afetada não somente pelos mutantes de amadurecimento, mas também pelo *background*: o de Carmen F_1 (rin^-/rin) favorece maior produção precoce do que o do híbrido experimental rin^+/rin .

Os genótipos com os alelos *alc*, *rin* e *nor*, em heterozigose, isoladamente, apresentaram redução significativa na produção precoce (Tabela 2), quando comparados com o genótipo normal no *background* FloraDade x Tropic. Esse é um indicativo de um possível efeito dos alelos, no sentido de retardar o início do estágio *breaker* e, portanto, prolongar a permanência dos frutos na planta, reduzindo, assim, a colheita precoce. Nesse sentido, destacou-se o genótipo rin^+/rin , o qual apresentou efeito mais pronunciado sobre a redução da produção precoce, quando comparado com os genótipos alc^+/alc e nor^+/nor . Da mesma forma, os híbridos portadores das duplas combinações heterozigóticas entre esses alelos sofreram ainda mais o atraso nas colheitas iniciais, conforme as estimativas dos contrastes que comparam esses genótipos com o híbrido normal no mesmo *background* (Tabela 2).

Os contrastes que avaliam a não-aditividade entre os locos *alc*⁺/*alc*, *nor*⁺/*nor* e *rin*⁺/*rin* foram não significativos (Tabela 2). Portanto, o comportamento dos genótipos portadores dos duplos mutantes não apresentaram desvios significativos sobre a redução da produção precoce em relação à soma dos efeitos individuais desses locos em heterozigose.

O contraste que fornece a estimativa da heterose relativa à média dos pais no genótipo normal não foi significativo.

4.1.3 Peso médio de frutos

Os dados com as médias do peso médio de frutos dos genótipos avaliados encontram-se na Tabela 2. Foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) (Tabela 1).

O peso médio dos frutos dos híbridos experimentais portadores dos alelos mutantes em heterozigose variou entre 187,5g e 197,83g. Foram verificadas diferenças significativas entre os híbridos experimentais e o híbrido isogênico normal, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). O híbrido Carmen-F₁, que atualmente é considerado padrão comercial de tomate tipo salada, produziu frutos com peso médio significativamente inferior (143,9g) ao dos frutos dos híbridos experimentais, o que pode ser atribuído à diferença dos backgrounds, uma vez que a diferença entre o peso médio dos híbridos *rin*⁺/*rin* [Carmen F₁(143,90 g) e F₁ (TOM-619 x FloraDade) (192,55 g)] foi significativa (Tabela 2), indicando efeito favorável do *background* híbrido FloraDade x Tropic em promover maior peso médio de frutos do que o do Carmen F₁.

Os valores negativos das estimativas dos contrastes que envolvem os genótipos portadores dos alelos *alc*, *nor* e *rin*, isoladamente ou em duplas combinações (Tabela 2), indicam que houve uma tendência desses alelos em

atuar no sentido de reduzir ligeiramente o peso médio de frutos. Contudo, esta redução somente foi significativa nos genótipos *nor⁺/nor* e *alc⁺/alc rin⁺/rin*.

Com relação ao alelo *alc* em heterozigose, resultados encontrados por Mutscheler (1992), Souza (1995), Freitas (1996), Faria (2000) e Dias (2001) também demonstraram que o peso médio de frutos não foi afetado por esse mutante. Entretanto, Araujo (1997) relata que o loco *alcobaça* em homozigose e também em heterozigose influenciou negativamente o peso médio de frutos.

Não foram detectados desvios significativos no comportamento dos genótipos portadores dos duplos mutantes sobre o peso médio de frutos em relação aos efeitos dos genótipos portadores desses locos individualmente. Isso é o que indica a não significância das estimativas dos contrastes que avaliam a não-aditividade entre os locos *alc⁺/alc*, *nor⁺/nor* e *rin⁺/rin* (Tabela 2).

O contraste que fornece a estimativa da heterose em *background* normal relativa à média dos pais não foi significativo, embora se verifique uma tendência de aumento de peso médio de frutos. A ausência de heterose para maior peso de frutos tem sido relatada por vários autores (Maluf et al., 1982; e Faria, 2000). Segundo Melo (1987), quando os parentais são pouco divergentes nesse caráter, os híbridos tendem a ter um comportamento muito próximo da média aritmética dos parentais e, conseqüentemente, resultando em estimativas de heterose que serão baixas.

4.1.4 Número de dias da antese ao estágio *breaker* de maturação

Os resultados da análise de variância e o coeficiente de variação do número de dias da antese ao estágio *breaker* de maturação dos frutos estão na Tabela 1. Os valores médios e os contrastes de interesses desse caráter para os 10 genótipos avaliados encontram-se na Tabela 2.

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, as quais foram detectadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Os frutos do híbrido F_1 (TOM-613 x TOM-610) ($nor^+/nor alc^+/alc$) foram os que permaneceram na planta o maior número médio de dias, desde a antese até a colheita no estágio *breaker* de maturação (48,9 dias), seguido do híbrido F_1 (TOM-619 x TOM-613) ($nor^-/nor rin^+/rin$) (47,8 dias). Os frutos do híbrido comercial Carmen- F_1 foram os que, em média, permaneceram menor tempo na planta (44,4 dias), cerca de 2 dias a menos do que o híbrido experimental rin^+/rin (F_1 (TOM-619 x FloraDade) (Tabela 2). Essa diferença indica que o *background* genético pode influenciar na rapidez de maturação dos frutos, com Carmen F_1 promovendo maior rapidez no desenvolvimento de frutos do que o *background* FloraDade x Tropic.

Com relação aos efeitos isolados dos locos *alc*, *nor* e *rin* em heterozigose, não foram detectados efeitos significativos: as médias dos híbridos F_1 (TOM-610 x FloraDade) (alc^+/alc), F_1 (TOM-613 x Tropic) (nor^-/nor) e F_1 (TOM-619 x FloraDade) (rin^-/rin) foram semelhantes à do híbrido normal F_1 (FloraDade x Tropic). Resultados semelhantes foram obtidos por Faria (2000) para o alc^+/alc .

Entretanto, as estimativas dos contrastes em que se avaliam os efeitos das combinações dos genótipos alc^+/alc , nor^-/nor e rin^+/rin , foram significativas (Tabela 2), indicando que as combinações dos locos [$(nor^+/nor alc^+/alc)$, ($alc^+/alc rin^+/rin$), ($nor^+/nor rin^+/rin$)] foram responsáveis pelo aumento na permanência dos frutos na planta em 3,5 dias, 2,2 dias e 2,4 dias, respectivamente.

O contraste que mede a não-aditividade entre nor^+/nor e alc^+/alc foi significativo. Portanto, estes alelos, em heterozigose, juntos no mesmo genótipo, atuaram mais drasticamente aumentando em cerca de 3 dias o número de dias da antese ao estágio *breaker* de maturação dos frutos em relação à soma dos seus

efeitos individuais. Por outro lado, não foi verificado efeito significativo da não-aditividade entre (alc^+/alc e rin^+/rin) e (nor^+/nor e rin^+/rin) (Tabela 2).

A estimativa do contraste que mede a heterose para esse caráter não foi significativa.

4.2 ATRIBUTOS DE QUALIDADE DE FRUTOS

4.2.1 Tamanho relativo da cicatriz peduncular

Na Tabela 3 encontram-se os resumos das análises de variância, referentes ao formato do fruto e ao tamanho relativo da cicatriz peduncular, com os respectivos níveis de significância e coeficiente de variação. Os valores das médias dos tratamentos e os contrastes de interesses, com as respectivas significâncias para essa característica, relativos aos 10 genótipos avaliados encontram-se na Tabela 4.

Verificaram-se diferenças significativas somente entre o híbrido Carmen F_1 e os demais tratamentos, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), o que reflete diferença entre o *background* genotípico de Carmen F_1 e o *background* genotípico dos híbridos experimentais (Tabela 4). A diferença entre *backgrounds* é particularmente evidente ao se comparar Carmen F_1 (rin^+/rin) com o híbrido experimental F_1 (TOM-619 x FloraDade) (rin^+/rin).

TABELA 3 Resumo da análise de variância relativa a tamanho relativo da cicatriz peduncular e relação comprimento/largura (formato). UFLA, Lavras-MG, 2001.

FV	GL	Quadrados médios	
		Tamanho relativo da cicatriz peduncular	Formato do fruto
Blocos	5	3,72	0,0053
Tratamentos	9	21,47**	0,0033
Resíduo	45	8,13	0,0043
C.V.(%)		8,13	8,21

**;* Significativas a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

TABELA 4 Valores médios relativos ao tamanho da cicatriz peduncular e relação comprimento/largura (formato do fruto) e contrastes não ortogonais de interesse entre 10 genótipos híbridos de tomateiro, em função do background FloraDade x Tropic. Lavras: UFLA, 2001.

TRATAMENTOS		GENÓTIPOS	Cicatriz peduncular	Formato do fruto
T1 - FloraDade	Normal		19,50 a	0,792 a
T2 - Tropic	Normal		19,10 a	0,810 a
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	Normal		19,92 a	0,745 a
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	heterozigoto <i>alc</i>		18,58 a	0,820 a
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	heterozigoto <i>nor</i>		18,88 a	0,811 a
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	heterozigoto <i>rin</i>		20,23 a	0,795 a
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	heterozigoto <i>nor & alc</i>		18,40 a	0,786 a
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	heterozigoto <i>alc & rin</i>		20,73 a	0,820 a
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	heterozigoto <i>nor & rin</i>		19,78 a	0,810 a
T10 - Carmen F ₁	híbrido testemunha <i>rin</i>		13,95 b	0,774 a
MÉDIA DOS TRATAMENTOS			19,91	0,80
CONTRASTES DE INTERESSES		EFEITOS AVALIADOS	ESTIMATIVAS	
			Cicatriz peduncular	Formato do fruto
T1 - T2	FloraDade vs Tropic		0,40	-0,018
T3 - [0.5*(T1 + T2)]	Heterose em background normal		0,62	-0,056
T4 - T3	Efeito do <i>alc⁺/alc</i> somente		-1,33	0,075
T5 - T3	Efeito do <i>nor⁺/nor</i> somente		-1,03	0,066
T6 - T3	Efeito do <i>rin⁺/rin</i> somente		0,32	0,049
T7 - T3	Efeito da combinação. (<i>nor⁺/nor</i>)(<i>alc⁺/alc</i>)		-1,52	0,041
T8 - T3	Efeito da combinação (<i>alc⁺/alc</i>) (<i>rin⁺/rin</i>)		0,82	0,075
T9 - T3	Efeito da combinação (<i>nor⁺/nor</i>) (<i>rin⁺/rin</i>)		-0,13	0,065
T7 + T3 - T5 - T4	Não-aditividade (<i>nor⁺/nor</i>) e (<i>alc⁺/alc</i>)		1,83	-0,049
T8 + T3 - T4 - T6	Não-aditividade (<i>alc⁺/alc</i>) e (<i>rin⁺/rin</i>)		0,58	-0,049
T9 + T3 - T5 - T6	Não-aditividade (<i>nor⁺/nor</i>) e (<i>rin⁺/rin</i>)		0,58	-0,049

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

** , * significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Os valores médios da cicatriz peduncular dos híbridos experimentais variaram entre 0,184 para o F₁ (TOM-613 x TOM-610) (*nor*⁺/*nor alc*⁺/*alc*) e 0,207 para o F₁ (TOM-619 x TOM-559) (*alc*⁺/*alc rin*⁺/*rin*), não diferindo significativamente entre si e em relação ao híbrido isogênico normal. Isso indica que os mutantes de amadurecimento *alc*, *nor* e *rin* em heterozigose, isoladamente ou em duplas combinações, não afetaram o tamanho da cicatriz peduncular, conforme acusam as estimativas não significativas dos contrastes que envolvem esses genótipos (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Faria (2000) e Dias (2001), em que o genótipo *alc*⁺/*alc* não influenciou o diâmetro relativo da cicatriz peduncular dos frutos híbridos de tomateiro, em *backgrounds* distintos dos empregados no presente ensaio.

4.2.2 Formato de fruto

Os resultados para formato de frutos apresentados na Tabela 4 mostram valores inferiores a 1,0, o que indica que todos os genótipos avaliados apresentaram formato arredondado, característica dos tomates do tipo salada.

Na Tabela 3 verifica-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Os alelos mutantes de amadurecimento *alc*, *nor* e *rin* em heterozigose, isoladamente ou em duplas combinações em *background* FloraDade x Tropic (ou seu recíproco), não afetaram o formato dos frutos (Tabela 4). Também não foi verificado efeito diferenciado do *background* genético do híbrido Carmen F₁ em relação ao *background* experimental sobre essa característica, indicando que os híbridos experimentais têm formato de fruto semelhante ao Carmen F₁. Faria (2000) e Dias (2001) que avaliaram híbridos experimentais heterozigotos para o loco *alcobaça*, em *backgrounds* distintos, também não verificaram efeito desse mutante sobre o formato dos frutos.

4.2.3 Firmeza do fruto

Os resumos das análises de variância com os quadrados médios, níveis de significância e os coeficientes de variação, referentes à firmeza dos frutos ao longo do tempo de armazenamento estão na Tabela 5.

Observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos para a firmeza inicial (no estágio *breaker*), a meia vida da firmeza e para número médio de dias para os frutos atingirem as firmezas $3,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, $2,5 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ e $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ (Tabela 6).

Quanto ao valor médio da firmeza inicial (do dia da colheita no estágio *breaker*), observaram-se diferenças significativas somente entre o híbrido comercial Carmen F₁ e os demais genótipos, exceto a cultivar FloraDade (Tabela 6). A diferença significativa encontrada entre a firmeza inicial dos frutos dos híbridos portadores do loco *rin*⁺/*rin* [Carmen F₁ e F₁(TOM-619 x FloraDade)] (Tabela 6) reflete a contribuição positiva do *background* do híbrido comercial Carmen F₁ sobre a firmeza no estágio *breaker*, superior ao efeito do *background* dos híbridos experimentais. A linhagem parental Tropic provavelmente contribuiu desfavoravelmente para a firmeza inicial dos frutos dos híbridos experimentais, uma vez que diferiu significativamente da linhagem parental FloraDade. Esta, por sua vez, comportou-se de maneira semelhante ao híbrido comercial Carmen F₁ (Tabela 6). A firmeza inicial do fruto foi pouco afetada pelo genótipo nos locos *alc*, *nor* ou *rin*: as estimativas dos contrastes que envolvem os híbridos portadores dos locos *alc*⁺/*alc*, *nor*⁺/*nor* e *rin*⁺/*rin*, isolados ou em duplas combinações, confirmam que não houve diferenças significativas entre os híbridos experimentais quanto à firmeza inicial dos frutos.

A meia vida da firmeza dos híbridos experimentais (que corresponde ao tempo em pós-colheita que o fruto leva para reduzir pela metade sua firmeza em relação à inicial) variou entre 9,0 dias para o híbrido F₁(TOM-610 x FloraDade)

(*alc*⁺/*alc*), 12,2 dias para o híbrido F₁(TOM-619 x TOM-613) (*nor*⁻/*nor* *rin*⁺/*rin*). Já, para o genótipo normal isogênico, a meia vida da firmeza foi de 8,7 dias. Os mutantes de amadurecimento *nor* e *rin*, em heterozigose, atuando isoladamente, foram responsáveis pelo aumento significativo na meia vida da firmeza dos frutos em 1,6 e 2,2 dias, respectivamente, quando comparados aos frutos do genótipo normal. Não foi constatado efeito significativo do loco *alc*⁺/*alc*, isoladamente, sobre essa característica (Tabela 6).

As duplas combinações heterozigóticas entre os alelos *alc*, *nor* e *rin* atuaram no sentido de prolongar a meia vida da firmeza dos frutos relativamente às heterozigóticas em um só loco. Os frutos portadores das combinações *nor*⁻/*nor* *alc*⁻/*alc*, *alc*⁺/*alc* *rin*⁺/*rin* e *nor*⁺/*nor* *rin*⁺/*rin* tiveram suas meias vidas aumentadas em 2,4 dias, 3,3 dias e 3,4 dias, respectivamente, em relação aos frutos normais (Tabela 6).

Os contrastes que medem a não-aditividade entre os locos (*nor*⁺/*nor* e *alc*⁻/*alc*), (*alc*⁺/*alc* e *rin*⁻/*rin*) e (*nor*⁻/*nor* e *rin*⁻/*rin*) tiveram suas estimativas não significativas para firmeza inicial e meia vida da firmeza (Tabela 6). Isso indica que os efeitos desses locos se somam quando combinados em um mesmo genótipo.

TABELA 5 Resumo da análise de variância relativa à firmeza inicial (*breaker*), meia vida da firmeza em dias, número de dias para atingir firmeza $3,0 \times 10^4$ N.m⁻², número de dias para atingir firmeza $2,5 \times 10^4$ N.m⁻² e número de dias para atingir firmeza $2,0 \times 10^4$ N.m⁻². Lavras: UFLA, 2001.

FV	GL	Quadrados médios				
		Firmeza inicial	Meia vida da firmeza	Dias até firmeza $3,0 \times 10^4$ N.m ⁻²	Dias até firmeza $2,5 \times 10^4$ N.m ⁻²	Dias até Firmeza $2,0 \times 10^4$ N.m ⁻²
Blocos	5	0,539	3,682*	1,839	2,885	4,860*
Tratamentos	9	1,556**	9,483**	24,581**	30,404**	39,318**
Resíduo	45	0,194	1,077	1,311	1,319	1,532
C.V.(%)		9,16	9,91	16,37	11,78	9,41

**,* Significativas, a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 6 Valores médios relativo à firmeza inicial (*breaker*), meia vida da firmeza, número de dias para atingir firmeza $3,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, número de dias para atingir firmeza $2,5 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ e número de dias para atingir firmeza $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, e contrastes não ortogonais de interesse entre 10 genótipos de tomateiro. Lavras: UFLA, 2001.

TRATAMENTOS	GENÓTIPOS	Firmeza inicial	Meia vida da firmeza	Dias até firmeza $3,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$	Dias até firmeza $2,5 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$	Dias até firmeza $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$
T1 - FloraDade	normal	5,197 ab	9,4 cde	7,3 bcd	9,8 bcd	12,9 cde
T2 - Tropic	normal	3,903 c	9,6 bcde	3,4 c	5,9 e	9,0 f
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	normal	4,831 b	8,7 e	6,0 cd	8,3 d	11,1 def
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	heterozigoto <i>alc</i>	4,605 bc	9,0 de	5,5 de	7,8 de	10,7 ef
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	heterozigoto <i>nor</i>	4,817 b	10,4 abcde	7,0 bcd	9,8 cd	13,1 cd
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	heterozigoto <i>rin</i>	4,497 bc	10,9 abcd	6,4 cd	9,2 cd	12,7 cde
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	heterozigoto <i>nor</i> & <i>alc</i>	4,633 bc	11,1 abc	6,9 bcd	9,9 bcd	13,4 cd
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	heterozigoto <i>alc</i> & <i>rin</i>	4,993 b	12,1 a	8,8 b	12,0 ab	15,9 ab
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	heterozigoto <i>nor</i> & <i>rin</i>	4,737 bc	12,2 a	7,7 bc	11,0 bc	14,8 bc
T10 - Carmen F ₁	híbrido testemunha <i>rin</i>	5,883 a	11,5 ab	11,0 a	14,0 a	17,7 a
média dos tratamentos		4,8	10,5	7,0	9,8	13,1

CONTRASTES DE INTERESSES		ESTIMATIVAS				
EFEITOS AVALIADOS		Firmeza inicial	Meia vida da firmeza	Dias até firmeza $3,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$	Dias até firmeza $2,5 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$	Dias até firmeza $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$
T1 - T2	FloraDade vs Tropic	1,293**	-0,1	3,9**	3,9**	3,9**
T3 - [0,5*(T1 + T2)]	Heterose em background normal	0,282	-0,8	0,6	0,4	0,2
T4 - T3	Efeito do <i>alc</i> / <i>alc</i> somente	-0,227	0,2	-0,5	-0,5	-0,4
T5 - T3	Efeito do <i>nor</i> / <i>nor</i> somente	-0,015	1,6**	1,1	1,5*	2,0**
T6 - T3	Efeito do <i>rin</i> / <i>rin</i> somente	0,335	2,2**	0,4	1,0	1,7*
T7 - T3	Efeito da combinação. (<i>nor</i> / <i>nor</i>)(<i>alc</i> / <i>alc</i>)	-0,198	2,4**	0,9	1,7*	2,3**
T8 - T3	Efeito da combinação (<i>alc</i> / <i>alc</i>) (<i>rin</i> / <i>rin</i>)	0,162	3,3**	2,8**	3,7**	4,8**
T9 - T3	Efeito da combinação (<i>nor</i> / <i>nor</i>) (<i>rin</i> / <i>rin</i>)	0,095	3,4**	1,8*	2,7**	3,8**
T7 + T3 - T5 - T4	Não-aditividade (<i>nor</i> / <i>nor</i>) e (<i>alc</i> / <i>alc</i>)	0,043	0,6	0,4	0,5	0,7
T8 + T3 - T4 - T6	Não-aditividade (<i>alc</i> / <i>alc</i>) e (<i>rin</i> / <i>rin</i>)	0,723	0,9	3,0**	3,2**	3,5**
T9 + T3 - T5 - T6	Não-aditividade (<i>nor</i> / <i>nor</i>) e (<i>rin</i> / <i>rin</i>)	0,255	-0,4	0,3	0,2	0,1

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* = 0,05).

** , * significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Quanto ao número de dias decorridos desde a colheita até os frutos atingirem as firmezas de $3,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, $2,5 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ e $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, o contraste que avalia o híbrido *alc⁺/alc*, isoladamente, não diferiu do genótipo normal *alc⁺/alc⁺* (Tabela 6). Esse resultado discorda dos trabalhos de Souza (1995), Vilas Boas (1998), Faria (2000) e Dias (2001). Estes autores relataram aumento no tempo de vida pós-colheita dos frutos *alc⁺/alc*, embora tenham utilizado *backgrounds* distintos ao empregado nesse trabalho. Por outro lado, os genótipos *nor⁺/nor* e *rin⁺/rin* isolados apresentaram efeitos significativos: foram responsáveis pelo aumento em 2,0 dias e 1,7 dia, respectivamente, no período para que os frutos atingissem a firmeza de $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ (Tabela 6).

As diferenças entre os dois híbridos *rin⁺/rin* [Carmen F₁ e F₁(TOM-619 x FloraDade)] quanto ao número médio de dias para que os frutos tivessem suas firmezas reduzidas foram significativas (Tabela 6). Esse resultado refletiu o efeito do *background* genético sobre a perda de firmeza dos frutos ao longo do tempo de armazenamento: o *background* do híbrido comercial Carmen F₁ foi responsável pelo atraso na perda de firmeza dos frutos em relação ao *background* híbrido FloraDade x Tropic. Essa vantagem foi de 4,6 dias, 4,8 dias e 5,0 dias, para que os frutos tivessem suas firmezas reduzidas a $3,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, $2,5 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ e $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, respectivamente (Tabela 6). Estes resultados indicam que a característica longa vida do híbrido Carmen é devida não somente à utilização, do mutante de amadurecimento *rin*, mas também a um *background* genotípico que favorece maior firmeza dos frutos.

As médias entre os tratamentos e as estimativas dos contrastes apresentados na Tabela 6 acusaram efeitos significativos favoráveis das duplas combinações entre os locos *alc⁺/alc*, *nor⁺/nor* e *rin⁺/rin* em desacelerar a perda de firmeza dos frutos. Esses efeitos foram mais evidentes para a firmeza de $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ (considerada a firmeza limite, abaixo da qual o fruto torna-se inviável

para comercialização). Dessa forma, demonstrou-se que o emprego de mutantes de amadurecimento pode aumentar a conservação de frutos de tomateiro.

Com relação ao número médio de dias para os frutos atingirem a firmeza $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ observou-se variação entre 10,7 dias para o híbrido experimental F_1 (TOM-610 x FloraDade) (alc^+/alc) e 15,9 dias para híbrido F_1 (TOM-619 x TOM-559) ($alc^+/alc \text{ rin}^+/rin$), sendo que o híbrido isogênico normal demorou 11,1 dias.

As estimativas dos contrastes que comparam os híbridos portadores dos locos alc^+/alc , nor^+/nor e rin^+/rin , isolados ou em duplas combinações, com o genótipo normal apresentaram diferenças significativas. Essas diferenças ocorreram para aumentar o número médio de dias para que os frutos atingissem a firmeza crítica de $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, exceto para o genótipo portador somente do loco alc^+/alc . Entretanto, o efeito do genótipo portador do loco alc^+/alc , em combinação com os locos nor^+/nor ou rin^+/rin , foi significativo. O efeito mais pronunciado foi de 4,8 dias para atingir a firmeza final, obtido pelo genótipo $alc^+/alc \text{ rin}^+/rin$.

A dupla combinação $alc^-/alc \text{ rin}^-/rin$ apresentou desvios no seu comportamento em relação à soma dos efeitos individuais desses locos. Isso é o que acusam as estimativas do contraste que avalia a não aditividade dos efeitos entre esses locos: os desvios observados foram de 3,0 dias, 3,2 dias e 3,5 dias, respectivamente, para os frutos terem suas firmezas reduzidas a $3,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, $2,5 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ e $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ (Tabela 6).

Não foi verificado efeito significativo da heterose no *background* normal FloraDade x Tropic para as características relacionadas à firmeza dos frutos. A linhagem FloraDade neste aspecto mostrou-se mais vantajosa do que a linhagem Tropic, porque apresentou frutos com perda de firmeza mais lenta no período pós-colheita.

4.2.4 Coloração: escala de notas

Na Tabela 7 estão registrados os resultados da análise de variância com os quadrados médios, seus níveis de significância e os coeficientes de variação para o número médio de dias para atingir as notas de coloração 3, 4 e 5.

TABELA 7 Resumo da análise de variância relativa a número médio de dias para os frutos atingirem notas de coloração 3, 4 e 5, equivalentes em até 60%, 80% e 100%, respectivamente, às porcentagens de superfície de área do fruto com coloração vermelha. UFLA, Lavras-MG, 2001.

FV	GL	Quadrados médios		
		Nº médio de dias para atingir nota de coloração = 3	Nº médio de dias para atingir nota de coloração = 4	Nº médio de dias para atingir nota de coloração = 5
Blocos	5	3,455	5,478	9,187*
Tratamentos	9	11,398**	17,253**	32,785**
Resíduo	45	2,242	2,572	3,616
C.V.(%)		31,21	25,07	20,97

**;* Significativas a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 8 Valores médios relativos a número médio de dias para atingir notas de coloração 3, 4 e 5, equivalentes em até 60%, 80% e 100%, respectivamente, às porcentagens de superfície de área do fruto com coloração vermelha, e contrastes não ortogonais entre 10 genótipos de tomateiro. Lavras: UFLA, 2001.

TRATAMENTOS	GENÓTIPOS	ESTIMATIVAS		
		Nº médio de dias p/ nota de coloração = 3	Nº médio de dias p/ nota de coloração = 4	Nº médio de dias p/ nota de coloração = 5
T1 – FloraDade	normal	4,1 bc	5,4 bc	7,3 c
T2 – Tropic	normal	3,4 c	4,8 c	7,0 c
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	normal	3,8 bc	4,9 c	7,0 c
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	heterozigoto <i>alc</i>	3,8 bc	5,1 c	7,3 c
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	heterozigoto <i>nor</i>	5,3 abc	6,9 abc	9,3 abc
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	heterozigoto <i>rin</i>	4,1 bc	5,4 bc	8,0 bc
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	heterozigoto <i>nor & alc</i>	5,3 abc	7,5 abc	11,5 ab
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	heterozigoto <i>alc & rin</i>	6,3 ab	8,4 ab	12,5 a
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	heterozigoto <i>nor & rin</i>	7,8 a	9,8 a	12,8 a
T10 – Carmen F ₁	híbrido testemunha <i>rin</i>	4,2 bc	5,7 bc	7,8 c
MÉDIA DOS TRATAMENTOS		4,8	6,4	9,1
CONTRASTES DE INTERESSES	EFEITOS AVALIADOS	ESTIMATIVAS		
		Dias p/ coloração = 3	Dias p/ coloração = 4	Dias p/ coloração = 5
T1 – T2	FloraDade vs Tropic	0,7	0,6	0,3
T3 – [0,5*(T1 + T2)]	Heterose em background normal	0,0	-0,2	-0,2
T4 – T3	Efeito do <i>alc</i> '/ <i>alc</i> somente	0,0	0,2	0,3
T5 – T3	Efeito do <i>nor</i> '/ <i>nor</i> somente	1,6	2,0*	2,3*
T6 – T3	Efeito do <i>rin</i> '/ <i>rin</i> somente	0,3	0,5	1,0
T7 – T3	Efeito da combinação. (<i>nor</i> '/ <i>nor</i>)(<i>alc</i> '/ <i>alc</i>)	1,6	2,5**	4,5**
T8 – T3	Efeito da combinação (<i>alc</i> '/ <i>alc</i>) (<i>rin</i> '/ <i>rin</i>)	2,5**	3,5**	5,5**
T9 – T3	Efeito da combinação (<i>nor</i> '/ <i>nor</i>) (<i>rin</i> '/ <i>rin</i>)	4,0**	4,9**	5,8**
T7 + T3 – T5 - T4	Não-aditividade (<i>nor</i> '/ <i>nor</i>) e (<i>alc</i> '/ <i>alc</i>)	0,0	0,4	1,8
T8 + T3 – T4 - T6	Não-aditividade (<i>alc</i> '/ <i>alc</i>) e (<i>rin</i> '/ <i>rin</i>)	2,2	2,8*	4,2*
T9 + T3 – T5 - T6	Não-aditividade (<i>nor</i> '/ <i>nor</i>) e (<i>rin</i> '/ <i>rin</i>)	2,1	2,4	2,5

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* =0,05).

**, * significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

As estimativas dos contrastes que avaliam os efeitos dos alelos *alc*, *nor* e *rin*, sobre a evolução da coloração dos frutos, foram todas positivas. Isso indica que, de modo geral, esses alelos, isoladamente ou em duplas combinações heterozigóticas, atuaram para atrasar a pigmentação dos frutos (Tabela 8).

Não foram acusadas diferenças significativas na evolução da coloração dos frutos dos híbridos portadores do loco *rin*⁺/*rin* [Carmen F₁ e F₁(TOM-619 x FloraDade)] (Tabela 8). Portanto, não houve contribuição diferenciada entre o *background* do híbrido comercial Carmen F₁ e o *background* dos híbridos experimentais sobre a coloração externa dos frutos.

Dos três alelos envolvidos no experimento, avaliados isoladamente em heterozigose, o mutante *nor* apresentou efeitos mais drásticos sobre a evolução da coloração dos frutos. Foi verificado efeito significativo do genótipo *nor*⁺/*nor*, que promoveu atraso médio de 2,0 dias e 2,3 dias para que os frutos atingissem as notas 4 e 5 de coloração, respectivamente, quando comparado ao genótipo isogênico normal. Os efeitos isolados dos genótipos *alc*⁺/*alc* ou *rin*⁺/*rin* foram menos pronunciados, não tendo diferido significativamente do genótipo normal. No entanto, os efeitos de *alc*⁺/*alc* e *rin*⁺/*rin* foram potencializados, quando em combinações entre si e com *nor*⁺/*nor*. Esse resultado pode ser observado pelos valores das estimativas significativas dos contrastes que compararam esses híbridos com o híbrido normal (Tabela 8). Souza (1995), Araújo (1997), Freitas et al. (1998) e Faria (2000), realizaram trabalhos utilizando *backgrounds* distintos ao utilizado neste trabalho. Estes autores demonstraram que o mutante *alc* em heterozigose, isoladamente, foi responsável pela evolução mais lenta da taxa de coloração dos frutos em relação ao genótipo normal (*alc*⁺/*alc*⁺).

A estimativa do contraste que avalia a não aditividade entre os efeitos dos locos *alc*⁺/*alc* e *rin*⁺/*rin* foi significativa para o número de dias para que os frutos atingissem as notas 4 e 5 de coloração. O efeito do duplo heterozigoto *alc*⁺/*alc* *rin*⁺/*rin* apresentou desvios de 2,8 dias e 4,2 dias a mais, em relação à

soma dos efeitos individuais desses locos para atingirem as notas quatro e cinco de coloração, respectivamente.

As estimativas do contraste que avalia a não aditividade entre os efeitos de *nor*⁺/*nor* e *alc*⁺/*alc* foi não significativa. Esse resultado indica que os efeitos desse loco, quando juntos, combinados em um mesmo genótipo, não apresentaram desvios significativos sobre essa característica em relação à soma dos efeitos individuais desses locos. Embora tenha havido atraso na chegada da coloração vermelha dos frutos *nor*⁺/*nor* *alc*⁺/*alc* em relação aos frutos normais, observou-se que a coloração final dos frutos não diferiu visualmente dos demais híbridos portadores de duplas combinações. Portanto, baseado nos dados obtidos nesse trabalho, há indicação de que não ocorra alelismo entre *alc* e *nor*, conforme relatado por Mutschler (1984b), embora essa hipótese seja contestada por Lobo (1981). Estudos críticos sobre o possível não alelismo entre *alc* e *nor*, todavia, ainda precisam ser efetuados.

Não foi verificado efeito significativo da heterose no *background* normal FloraDade x Tropic para a evolução da coloração dos frutos. Também não foi verificada diferença entre as linhagens FloraDade e Tropic para essa característica.

4.3 Avaliações físico-químicas e químicas

4.3.1 Clorofila e pigmentos carotenóides

Os resumos dos resultados das análises de variância relativas ao teor médio de clorofila, licopeno e beta-caroteno nos frutos, com os respectivos coeficientes de variação e níveis de significância, referentes aos 10 genótipos avaliados, constam na Tabela 9.

Houve diferenças significativas entre os tratamentos, entre estádios de maturação e na interação entre ambos para as três características avaliadas (Tabela 9).

Os teores de pigmentos carotenóides nos frutos foram crescentes com o avanço no estágio de amadurecimento. Esse efeito foi mais marcante para o licopeno, que passou de 29,29 mg/100g, em média, no estágio *breaker* para 82,40 mg/100g no estágio intermediário, atingindo a média de 287,61 mg/100g no estágio maduro. À medida que os frutos avançam no processo de amadurecimento, constatou-se redução no teor de clorofila concomitante a um aumento no teor de licopeno e beta-caroteno (Tabela 10). Esse resultado concorda com os obtidos por Vilas Boas (1998).

Não foram verificadas diferenças significativas nos teores de clorofila, licopeno e beta-caroteno dos frutos entre os híbridos portadores do loco *rin⁺/rin* [Carmen F₁ e F₁(TOM-619 x FloraDade)], independentemente do estágio de maturação (Tabela 11). Dessa forma, não houve contribuição diferenciada entre o *background* do híbrido comercial Carmen F₁ e o *background* dos híbridos experimentais para os caracteres em questão.

Os alelos mutantes em heterozigose, isoladamente ou em combinações duplas, tenderam a reduzir o teor de clorofila dos frutos nos estádios *breaker* e intermediário de maturação (Tabela 12). Entretanto, esse fato foi revertido no estágio maduro. Nessa fase, nos frutos portadores dos alelos mutantes, a clorofila apresentou teores mais altos e, conseqüentemente, a síntese de licopeno ainda não atingiu seu ápice. O resultado foi um atraso na pigmentação dos frutos.

As únicas diferenças significativas promovidas pelo genótipo *alc⁺/alc* quando comparado ao genótipo normal foram redução no teor de clorofila no estágio *breaker* e aumento no teor de beta-caroteno no estágio maduro dos frutos.

As estimativas dos contrastes que avaliam os efeitos dos genótipos portadores dos alelos mutantes em heterozigose, isoladamente ou em combinações duplas, sobre o teor de licopeno nos frutos, em geral, apresentaram valores negativos em todos os estádios de maturação. Esse fato indica a tendência desses alelos em reduzir o teor de licopeno nos frutos o que, conseqüentemente, está relacionado com o atraso na coloração dos frutos. Nos dois primeiros estádios, essas estimativas foram não significativas, mesmo porque os frutos, em geral, ainda não haviam desenvolvido coloração vermelha intensa. No entanto, no estágio maduro foi verificado efeito significativo do genótipo *rin⁺/rin*, isoladamente, bem como dos genótipos portadores das duplas combinações heterozigóticas entre os três alelos em estudo sobre o teor de licopeno nos frutos (Tabela 12). Os genótipos *rin⁺/rin* e *nor⁺/nor rin⁺/rin* foram os que apresentaram redução mais drástica no teor de licopeno nos frutos maduros quando comparado ao genótipo normal (Tabela 12).

As estimativas dos contrastes que medem a não aditividade entre os efeitos dos locos (*nor⁺/nor* e *alc⁺/alc*) e (*alc⁻/alc* e *rin⁺/rin*) sobre o teor de licopeno nos frutos maduros foram significativas. Isso indica que os genótipos duplos mutantes para esses locos foram menos drásticos em diminuir o teor de licopeno nos frutos do que seria esperado pela soma dos efeitos dos genótipos portadores desses locos isoladamente.

TABELA 9 Resumo da análise de variância relativa a teor médio de clorofila (mg/100g), licopeno (mg/100g) e beta-caroteno (mg/100g). UFLA, Lavras-MG, 2001.

FV	GL	Quadrados médios		
		Clorofila (mg/100g)	Licopeno (mg/100g)	Beta-caroteno (mg/100g)
Blocos	1	0,0008	436,48	8,65
Tratamentos	9	0,0684**	6415,69**	56,50**
Estádio	2	4,5207**	72204,07**	2447,37**
Tratamentos . Estádio	18	0,0414**	3873,50**	44,35**
Resíduo	29	0,0068	395,47	9,60
C.V.(%)		7,63	14,94	4,74

**,* Significativas a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 10 Valores médios do teor médio de clorofila (mg/100g), licopeno (mg/100g), beta-caroteno (mg/100g) e em função do estágio de maturação. UFLA, Lavras-MG, 2001.

ESTÁDIO DE MATURAÇÃO	PIGMENTOS DOS FRUTOS		
	Clorofila (mg/100g)	Licopeno (mg/100g)	Beta-caroteno (mg/100g)
<i>Breaker</i>	1,59 a	29,29 c	53,49 c
Intermediário	1,02 b	82,40 b	67,20 b
Maduro	0,65 c	287,61 a	75,39 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* =0,05).

Tabela 11 Valores médios de clorofila (mg/100g), licopeno (mg/100g) e beta-caroteno (mg/100g), de frutos de 10 genótipos de tomateiro, em função do estágio de maturação. Lavras-MG: UFLA, 2001.

TRATAMENTOS	ESTÁDIO DE MATURACÃO	GENÓTIPOS	Clorofila (mg/100g)	Licopeno (mg/100g)	Beta-caroteno (mg/100g)
T1 - FloraDade	<i>Breaker</i>	normal	1,52 bcde	57,89 hij	54,50 ijklm
T2 - Tropic	<i>Breaker</i>	normal	1,51 bcde	31,89 hij	50,93 klm
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	<i>Breaker</i>	normal	1,98 a	30,23 hij	55,00 hijkl
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>alc</i>	1,52 bcde	23,03 ij	51,95 jklm
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>nor</i>	1,32 defg	24,92 hij	57,90 fghijkl
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>rin</i>	1,83 ab	23,70 ij	42,04 m
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>nor & alc</i>	1,67 abc	28,18 hij	61,87 efghijk
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>alc & rin</i>	1,59 bcd	20,28 j	57,08 ghijkl
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>nor & rin</i>	1,44 cdef	19,84 j	56,73 ghijkl
T10 - Carmen F ₁	<i>Breaker</i>	híbrido testemunha <i>rin</i>	1,52 bcde	32,98 hij	46,93 lm
T1 - FloraDade	Intermediário	normal	1,24 efgh	106,46 fgh	71,57 bcde
T2 - Tropic	Intermediário	normal	1,12 fgghi	91,01 ghij	67,42 cdefgh
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	Intermediário	normal	1,13 fgghi	105,04 fghi	64,93 defghi
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	Intermediário	heterozigoto <i>alc</i>	1,01 ghij	71,73 hij	67,95 cdefg
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	Intermediário	heterozigoto <i>nor</i>	0,74 jkl	68,22 hij	63,06 defghijk
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	Intermediário	heterozigoto <i>rin</i>	1,13 fgh	75,14 hij	67,82 cdefgh
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	Intermediário	heterozigoto <i>nor & alc</i>	0,76 jkl	63,71 hij	68,74 cdefg
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	Intermediário	heterozigoto <i>alc & rin</i>	1,02 ghij	76,30 hij	65,69 defghi
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	Intermediário	heterozigoto <i>nor & rin</i>	0,89 hijk	75,47 hij	64,39 defghij
T10 - Carmen F ₁	Intermediário	híbrido testemunha <i>rin</i>	1,12 fgghi	90,93 ghij	70,42 bcdef
T1 - FloraDade	Maduro	normal	0,60 kl	430,16 a	70,20 bcdef
T2 - Tropic	Maduro	normal	0,78 jkl	329,37 bc	71,33 bcde
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	Maduro	normal	0,48 l	329,37 bc	74,61 abcde
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	Maduro	heterozigoto <i>alc</i>	0,60 kl	360,80 ab	84,43 a
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	Maduro	heterozigoto <i>nor</i>	0,61 kl	314,88 bc	75,86 abed
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	Maduro	heterozigoto <i>rin</i>	0,79 ijkl	166,40 efg	73,19 abcde
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	Maduro	heterozigoto <i>nor & alc</i>	0,73 jkl	267,18 cd	82,87 ab
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	Maduro	heterozigoto <i>alc & rin</i>	0,66 kl	272,68 cd	74,70 abed
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	Maduro	heterozigoto <i>nor & rin</i>	0,52 l	181,32 ef	80,16 abc
T10 - Carmen F ₁	Maduro	híbrido testemunha <i>rin</i>	0,70 jkl	223,96 de	66,51 defghi
MÉDIA DOS TRATAMENTOS			1,08	133,10	65,36

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* = 0,05)

Tabela 12. Contrastes não ortogonais e suas estimativas para o teor médio de clorofila (mg/100g), licopeno (mg/100g) e beta-caroteno (mg/100g), de frutos de 10 genótipos de tomateiro, em função do estágio de maturação. Lavras-MG: UFLA, 2001

CONTRASTES DE INTERESSES	ESTÁDIO DE MATURAÇÃO	EFEITOS AVALIADOS	ESTIMATIVAS DE CONTRASTES		
			Clorofila (mg/100g)	Licopeno (mg/100g)	Beta-caroteno (mg/100g)
T1 - T2	<i>Breaker</i>	FloraDade vs Tropic	0,003	25,99	3,57
T3 - [0.5*(T1 + T2)]	<i>Breaker</i>	Heterose em background normal	0,466**	-14,66	2,28
T4 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito do <i>alc'alc</i> somente	-0,461**	-7,19	-3,05
T5 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito do <i>nor'nor</i> somente	-0,659**	-5,31	2,90
T6 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito do <i>rin'rin</i> somente	-0,156	-6,53	-12,96**
T7 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito da combinação. (<i>nor'nor</i>)(<i>alc'alc</i>)	-0,316**	-2,05	6,87*
T8 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito da combinação (<i>alc'alc</i>) (<i>rin'rin</i>)	-0,396**	-9,95	2,08
T9 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito da combinação (<i>nor'nor</i>) (<i>rin'rin</i>)	-0,539**	-10,39	1,73
T7 + T3 - T5 - T4	<i>Breaker</i>	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>alc'alc</i>)	0,804**	10,45	7,01*
T8 + T3 - T4 - T6	<i>Breaker</i>	Não-aditividade (<i>alc'alc</i>) e (<i>rin'rin</i>)	0,221	3,78	18,09**
T9 + T3 - T5 - T6	<i>Breaker</i>	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>rin'rin</i>)	0,275*	1,45	11,79*
T1 - T2	Intermediário	FloraDade vs Tropic	0,115	15,46	4,15
T3 - [0.5*(T1 + T2)]	Intermediário	Heterose em background normal	-0,054	6,31	-4,56
T4 - T3	Intermediário	Efeito do <i>alc'alc</i> somente	-0,118	-33,31	3,02
T5 - T3	Intermediário	Efeito do <i>nor'nor</i> somente	-0,385**	-36,82	-1,87
T6 - T3	Intermediário	Efeito do <i>rin'rin</i> somente	0,009	-29,90	2,89
T7 - T3	Intermediário	Efeito da combinação. (<i>nor'nor</i>)(<i>alc'alc</i>)	-0,365**	-41,33	3,81
T8 - T3	Intermediário	Efeito da combinação (<i>alc'alc</i>) (<i>rin'rin</i>)	-0,107	-28,74	0,76
T9 - T3	Intermediário	Efeito da combinação (<i>nor'nor</i>) (<i>rin'rin</i>)	-0,231**	-29,57	-0,54
T7 + T3 - T5 - T4	Intermediário	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>alc'alc</i>)	0,138	28,80	2,67
T8 + T3 - T4 - T6	Intermediário	Não-aditividade (<i>alc'alc</i>) e (<i>rin'rin</i>)	0,003	34,46	-5,17
T9 + T3 - T5 - T6	Intermediário	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>rin'rin</i>)	0,144	37,16	-1,56
T1 - T2	Maduro	FloraDade vs Tropic	-0,181*	100,78**	-1,13
T3 - [0.5*(T1 + T2)]	Maduro	Heterose em background normal	-0,210**	-50,39**	3,84
T4 - T3	Maduro	Efeito do <i>alc'alc</i> somente	0,119	31,43	9,82**
T5 - T3	Maduro	Efeito do <i>nor'nor</i> somente	0,132	-14,49	1,25
T6 - T3	Maduro	Efeito do <i>rin'rin</i> somente	0,313**	-162,98**	-1,42
T7 - T3	Maduro	Efeito da combinação. (<i>nor'nor</i>)(<i>alc'alc</i>)	0,255**	-62,19**	8,26*
T8 - T3	Maduro	Efeito da combinação (<i>alc'alc</i>) (<i>rin'rin</i>)	0,182*	-56,70**	0,09
T9 - T3	Maduro	Efeito da combinação (<i>nor'nor</i>) (<i>rin'rin</i>)	0,039	-148,06**	5,55
T7 + T3 - T5 - T4	Maduro	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>alc'alc</i>)	0,004	79,13**	-2,81
T8 + T3 - T4 - T6	Maduro	Não-aditividade (<i>alc'alc</i>) e (<i>rin'rin</i>)	-0,250*	74,85*	-8,31
T9 + T3 - T5 - T6	Maduro	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>rin'rin</i>)	-0,407**	29,41	5,73

**,* Significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo F.

4.3.2 pH e acidez total titulável (ATT)

O resumo das análises de variância para as características pH e acidez total titulável (ATT), com os valores dos quadrados médios, as respectivas significâncias e os coeficientes de variação, estão apresentados na Tabela 13.

Os valores médios de pH encontrados nesse trabalho situam-se dentro da faixa de 4,0 a 4,7 apresentada por Davies & Hobson (1981), Souza (1995) e Vilas Boas (1998). O pH e a acidez total titulável sofreram influência do estágio de maturação: no estágio *breaker*, os mutantes em heterozigose, isoladamente ou em duplas combinações, de modo geral, atuaram reduzindo ligeiramente o pH dos frutos em relação ao genótipo normal. No estágio maduro, atuaram na elevação do pH, relativamente ao genótipo normal (Tabelas 15 e 16).

TABELA 13 Resumo da análise de variância relativa a pH na polpa, sólidos solúveis totais % (SST), acidez total titulável % (ATT) e a relação SST/ATT (%brix/acidez). UFLA, Lavras-MG, 2001.

FV	GL	Quadrados médios			
		pH	SST	ATT	SST/ATT
Blocos	1	0,0004*	0,150	0,0017	0,0002
Tratamentos	9	0,0113**	0,561**	0,0168**	21,6791**
Estádio	2	0,0104**	1,051**	0,0530**	18,5993**
Tratamentos • Estádio	18	0,0031**	0,244**	0,0026*	2,2293*
Resíduo	29	0,0001	0,038	0,0010	1,0234
C.V.(%)		0,18	4,19	7,43	8,99

**,* Significativas a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 14 Valores médios de pH, sólidos solúveis total (SST) em percentagem, acidez total titulável (ATT) em percentagem e a relação SST/ATT, de frutos de 10 genótipos de tomateiro, em função do estágio de maturação. UFLA, Lavras-MG, 2001.

ESTÁDIO DE MATUREZAÇÃO	ATRIBUTOS DE QUALIDADE DOS FRUTOS			
	pH	SST (%)	ATT (%)	SST/ATT
<i>Breaker</i>	4,38 a	4,46 b	0,37 c	12,25 a
Intermediário	4,33 c	4,56 b	0,43 b	10,90 b
Maduro	4,35 b	4,90 a	0,47 a	10,59 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

O genótipo *alc⁺/alc* reduziu o pH em todos os estádios de maturação. Também reduziu a acidez total titulável, exceto no estágio *breaker*, quando comparado ao genótipo normal. Esses resultados divergiram dos apresentados por Resende (1995), Filgueiras (1996), Araujo (1997) e Vilas Boas (1998). Esses autores relatam que o alelo *alc* em heterozigose não influenciou o pH nem acidez total titulável dos frutos maduros.

O genótipo *nor⁺/nor*, quando comparado ao genótipo normal, reduziu significativamente o pH dos frutos no estágio *breaker*, porém, promoveu seu aumento nos estádios intermediário e maduro. Todavia, o genótipo *nor⁺/nor* aumentou significativamente a acidez total titulável dos frutos no estágio *breaker* (Tabela 16).

Já o genótipo *rin⁺/rin* reduziu o pH dos frutos nos estádios *breaker* e intermediário, não exercendo influência sobre essa característica quando os frutos encontravam-se maduros. Com relação à acidez total titulável, o genótipo *rin⁺/rin* atuou significativamente para reduzi-la nos estádios intermediário e maduro (Tabela 16).

Tabela 15 Valores médios de pH, sólidos solúveis totais (SST) em percentagem, acidez total titulável (ATT) em percentagem e a relação SST/ATT, de frutos de 10 genótipos de tomateiro, em função do estágio de maturação. Lavras-MG: UFLA, 2001.

TRATAMENTOS	ESTÁDIO DE MATURAÇÃO	GENÓTIPOS	ATRIBUTOS DE QUALIDADE DOS FRUTOS							
			pH	SST (%)	ATT (%)	SST/ATT				
T1 - FloraDade	<i>Breaker</i>	normal	4,29	lmn	4,75	abcd	0,38	bcd	12,37	abcdefg
T2 - Tropic	<i>Breaker</i>	normal	4,40	cd	4,88	abc	0,32	d	15,24	a
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	<i>Breaker</i>	normal	4,44	ab	4,50	bcd	0,38	bcd	11,72	bcdefgh
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>alc</i>	4,32	ijkl	4,25	cd	0,32	d	13,28	abc
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>nor</i>	4,38	cdef	4,25	cd	0,48	abc	8,93	defgh
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>rin</i>	4,37	defg	5,25	ab	0,38	bcd	13,67	ab
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>nor & alc</i>	4,46	a	4,00	d	0,32	d	12,50	abcdcf
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>alc & rin</i>	4,41	bc	4,00	d	0,38	bcd	10,42	bcdefgh
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>nor & rin</i>	4,40	cd	4,25	cd	0,42	abcd	10,32	bcdefgh
T10 - Carmen F ₁	<i>Breaker</i>	híbrido testemunha <i>rin</i>	4,32	ijklm	4,50	bcd	0,32	d	14,06	ab
T1 - FloraDade	Intermediário	normal	4,27	n	4,63	bcd	0,42	abcd	11,21	abcdefgh
T2 - Tropic	Intermediário	normal	4,30	klmn	4,50	bcd	0,35	cd	12,89	abcde
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	Intermediário	normal	4,32	ijklm	4,75	abcd	0,51	ab	9,28	cdefgh
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	Intermediário	heterozigoto <i>alc</i>	4,30	klmn	4,50	bcd	0,35	cd	12,89	abcde
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	Intermediário	heterozigoto <i>nor</i>	4,35	fghi	4,63	bcd	0,51	ab	9,03	defgh
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	Intermediário	heterozigoto <i>rin</i>	4,29	mn	5,24	ab	0,38	bcd	13,67	ab
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	Intermediário	heterozigoto <i>nor & alc</i>	4,43	ab	4,50	bcd	0,51	ab	8,79	efgh
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	Intermediário	heterozigoto <i>alc & rin</i>	4,34	ghij	4,00	d	0,45	abcd	8,93	defgh
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	Intermediário	heterozigoto <i>nor & rin</i>	4,36	efgh	4,00	d	0,48	abc	8,37	fgh
T10 - Carmen F ₁	Intermediário	híbrido testemunha <i>rin</i>	4,38	cdef	4,88	abc	0,35	cd	13,93	ab
T1 - FloraDade	Maduro	normal	4,27	n	4,00	d	0,51	ab	7,81	h
T2 - Tropic	Maduro	normal	4,39	cde	5,50	a	0,42	abcd	13,30	abc
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	Maduro	normal	4,33	hijk	4,75	abcd	0,54	a	8,74	efgh
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	Maduro	heterozigoto <i>alc</i>	4,29	lmn	5,00	abc	0,45	abcd	11,39	abcdefgh
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	Maduro	heterozigoto <i>nor</i>	4,37	defg	4,50	bcd	0,54	a	8,30	gh
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	Maduro	heterozigoto <i>rin</i>	4,34	ghij	5,25	ab	0,42	abcd	12,65	abcde
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	Maduro	heterozigoto <i>nor & alc</i>	4,35	fghi	5,50	n	0,51	ab	10,74	bcdefgh
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	Maduro	heterozigoto <i>alc & rin</i>	4,44	ab	4,50	bcd	0,51	ab	8,79	efgh
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	Maduro	heterozigoto <i>nor & rin</i>	4,45	a	5,00	abc	0,45	abcd	11,16	abcdefgh
T10 - Carmen F ₁	Maduro	híbrido testemunha <i>rin</i>	4,31	jklm	5,00	abc	0,38	bcd	13,02	abcd
Média dos tratamentos			4,35		4,64		0,43		11,25	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* = 0,05).

Tabela 16 Contrastes não ortogonais e suas estimativas para pH, sólidos solúveis total (SST) em porcentagem, acidez total titulável (ATT) em porcentagem e a relação SST/ATT, de frutos de 10 genótipos de tomateiro, em função do estágio de maturação. Lavras-MG: UFLA, 2001

CONTRASTES DE INTERESSES	ESTÁDIO DE MATURACÃO	EFEITOS AVALIADOS		
		pH	SST (%)	ATT (%)
T1 - T2	Breaker	-0,105**	-0,13	0,064
T1 - [0,5*(T1 + T2)]	Breaker	0,093**	-0,31	0,032
T4 - T3	Breaker	-0,115**	-0,25	-0,064
T5 - T3	Breaker	-0,060**	-0,25	0,096**
T6 - T3	Breaker	-0,070**	0,75**	0,000
T7 - T3	Breaker	-0,020	-0,50*	-0,064
T8 - T3	Breaker	-0,030**	-0,50*	0,78
T9 - T3	Breaker	-0,040**	-0,25	-1,40
T1 + T3 - T4	Breaker	0,195**	0,0	2,00
T8 + T3 - T4 - T6	Breaker	0,155**	0,064	-4,82**
T9 + T3 - T5 - T6	Breaker	0,090**	-0,75**	-0,064
T1 - T2	Intermediário	-0,030**	0,13	0,064
T1 - [0,5*(T1 + T2)]	Intermediário	0,035**	0,19	0,128**
T4 - T3	Intermediário	-0,020*	-0,25	-0,160**
T5 - T3	Intermediário	0,030**	-0,13	0,000
T6 - T3	Intermediário	-0,030**	0,50*	-0,128**
T7 - T3	Intermediário	0,115**	-0,25	0,000
T8 - T3	Intermediário	0,020*	-0,75**	-0,064
T9 - T3	Intermediário	0,040**	-0,75**	-0,032
T1 + T3 - T4	Intermediário	0,105**	0,13	0,160**
T8 + T3 - T4 - T6	Intermediário	0,070**	-1,00**	0,224**
T9 + T3 - T5 - T6	Intermediário	0,040**	-1,13**	0,096**
T1 - T2	Maduro	-0,120**	-1,50**	0,096**
T1 - [0,5*(T1 + T2)]	Maduro	0,000	0,00	0,080**
T4 - T3	Maduro	-0,035**	0,25	-0,096**
T5 - T3	Maduro	0,040**	-0,25	-0,000
T6 - T3	Maduro	0,010	0,50*	-0,128**
T7 - T3	Maduro	0,020*	0,75**	-0,032
T8 - T3	Maduro	0,110**	-0,25	0,05
T9 - T3	Maduro	0,120**	0,25	-0,096**
T1 + T3 - T4	Maduro	0,015*	0,75	0,064
T8 + T3 - T4 - T6	Maduro	0,135**	-1,00**	0,192**
T9 + T3 - T5 - T6	Maduro	0,070**	0,00	0,032

** , Significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo F.

Para os contrastes que envolvem a combinação de híbridos portadores dos locos ($nor^+/nor^- alc^+/alc^-$), ($alc^+/alc^- rin^+/rin^-$) e ($nor^+/nor^- rin^+/rin^-$), observou-se um efeito significativo no sentido de elevar o pH, à medida que o processo de maturação avançou (Tabela 16). Entretanto, para a característica acidez total titulável observou-se um efeito de menor magnitude, haja vista ter influenciado apenas o híbrido heterozigoto portador da combinação ($nor^+/nor^- rin^+/rin^-$), reduzindo essa característica no estágio maduro.

4.3.3 Sólidos solúveis totais (SST)

A análise de variância mostrou diferenças significativas entre os tratamentos, os estádios de maturação e na interação entre ambos.

Os valores médios de sólidos solúveis totais (°brix), em função dos estádios de maturação *breaker* (4,5%), intermediário (4,6%) e maduro (4,9%) constam na Tabela 14. De acordo com Hobson & Grierson (1993), tomates comerciais maduros devem apresentar, em média, 4,5% de sólidos solúveis totais. O valor médio obtido por Resende (1995) foi de 4,7%; Filgueiras (1996) relata média de 3,5% e Vilas Boas (1998) obteve 4,5%.

A análise dos contrastes demonstrou por meio de suas estimativas, que o teor do °brix dos híbridos portadores dos locos *alc* ou *nor* em heterozigose não sofreu alteração significativa quando comparados com frutos do híbrido normal, independentemente do estágio de maturação. Resultados semelhantes com alc^+/alc^- foram encontrados por Souza (1995) e Filgueiras (1996). Esses autores relatam que o alelo *alc* em heterozigose não afetou o teor de sólidos solúveis totais, quando comparados ao genótipo normal (alc^+/alc^+) (Tabela 16).

Entretanto, os contrastes entre o híbrido portador do loco *rin* em heterozigose e o híbrido normal apresentaram estimativas significativas, independentemente do estágio de maturação, promovendo efeito positivo do

genótipo *rin⁺/rin* em aumentar o teor de sólidos solúveis totais (°brix) de frutos de tomate (Tabela 16), o que é desejável.

4.3.4 Relação SST/ATT (°brix/acidez)

O resumo da análise de variância relativa à relação SST/ATT, encontra-se na Tabela 13. Houve diferenças significativas entre os tratamentos, os estádios de maturação e na interação entre ambos.

Os frutos híbridos portadores dos locos *alc* e *rin*, isoladamente, em heterozigose, no estágio maduro, obtiveram valores médios superiores a 10, enquanto que nos frutos do híbrido isogênico normal o valor foi 8,74 (Tabela 15). Segundo Mencarelli e Salveit Jr. (1988), valores da relação SST/ATT acima de 10 são um bom indicativo para que o fruto do tomate seja considerado de excelente qualidade. Entretanto, Carvalho et al. (1984) relatam que o valor ideal para que haja boa palatabilidade do fruto de tomate está em torno de 13,4. Nesse caso, os híbridos *rin⁺/rin* [F_1 (TOM-619 x FloraDade) e Carmen] e o híbrido *alc⁺/alc* [F_1 (TOM-610 x FloraDade)] foram os que apresentaram valores mais próximos a este nos estádios apropriados para o consumo (intermediário e maduro). Em contrapartida, as estimativas dos contrastes que medem a não-aditividade entre os locos *alc⁺/alc* e *rin⁺/rin* quanto à relação SST/ATT indicaram que os efeitos desses locos, quando juntos em um mesmo genótipo, foram reduzidos em comparação à soma dos efeitos dos locos atuando separadamente, independentemente do estágio de maturação do fruto (Tabela 16).

Uma vez que as diferenças entre os valores médios da relação SST/ATT dos híbridos portadores do loco *rin⁺/rin* não foram significativas (Tabela 15), infere-se que os *backgrounds* do híbrido comercial Carmen F_1 e dos híbridos

experimentais FloraDade x Tropic se comportaram de maneira semelhante quanto a esta característica.

Houve efeito significativo do genótipo *nor⁺/nor* no estágio *breaker*, contribuindo para reduzir a relação °brix/acidez, quando comparado ao genótipo normal. No entanto, nos estádios apropriados para o consumo o genótipo *nor⁺/nor* não causou efeito deletério significativo sobre essa característica. Contudo, a combinação *nor⁺/nor* e *rin⁺/rin*, embora não significativa, foi eficiente em aumentar a relação SST/ATT nos frutos no estágio maduro (Tabela 16).

Deve-se ainda salientar duas características significativas para os híbridos F₁ (TOM-610 x FloraDade) (*alc⁺/alc*) e F₁ (TOM-619 x FloraDade) (*rin⁺/rin*): a primeira foi o efeito promovido pelos alelos mutantes na redução do pH e a segunda pelo aumento significativo da relação SST/ATT nos estádios intermediário e maduro. Essas características, segundo Carvalho et al. (1984), contribuem para melhorar a palatabilidade dos frutos de tomate.

4.4 Avaliações bioquímicas

A análise de variância, os quadrados médios, os coeficientes de variação e níveis de significâncias relativos à atividade das enzimas poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME) encontram-se na Tabela 17.

De acordo com a Tabela 17, verificaram-se diferenças significativas entre os tratamentos, estádios de maturação e na interação entre ambos. Foram observadas diferenças significativas, detectadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), para os valores médios da atividade das enzimas PG e PME, as quais aumentaram à medida em que o processo de maturação avançou (Tabela 18).

TABELA 17 Resumo da análise de variância relativa à atividade das enzimas, poligalacturonase (nmol/g/min) e pectinametilesterase (nmol/g/min) e UFLA, Lavras-MG, 2001.

FV	GL	Quadrados médios	
		Poligalacturonase (nmol/g/min)	Pectinametilesterase (nmol/g/min)
Blocos	1	0,461	3,083
Tratamentos	9	38,719**	127,724**
Estádio	2	2271,651**	1106,276**
Tratamentos • Estádio	18	26,501**	16,051**
Resíduo	29	1,642	1,451
C.V.(%)		5,42	2,85

**,* Significativas a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 18 Valores médios da atividade das enzimas poligalacturonase (nmol/g/min) e pectinametilesterase (nmol/g/min), de frutos de 10 genótipos de tomateiro, em função do estágio de maturação. UFLA, Lavras-MG, 2001.

ESTÁDIO DE MATURAÇÃO	ATIVIDADE DAS ENZIMAS	
	poligalacturonase	pectinametilesterase
<i>Breaker</i>	11,388 c	34,700 c
Intermediário	28,726 b	42,608 b
Maduro	30,794 a	49,564 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* =0,05).

4.4.1 Atividade das enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase

As estimativas do contraste que compara o híbrido *alc⁺/alc* com o híbrido isogênico normal foram negativas e significativas. Esse resultado acusa que o alelo *alc* em heterozigose atuou no sentido de reduzir a atividade da

enzima PG, independentemente do estágio de maturação (Tabela 20). Segundo Hobson & Grierson (1993), o alelo *alcobaça* em homozigose afeta consideravelmente o amadurecimento dos frutos de tomates, reduzindo a atividade da enzima PG, embora a resposta seja variável em função do *background*. Resultados obtidos por Ahrens & Huber (1990), Filgueiras (1996) e Araujo (1997) demonstraram redução da atividade da enzima PG promovido pelo mutante *alc* em heterozigose. Entretanto, Resende (1995) não detectou redução na atividade dessa enzima em híbridos heterozigotos para o loco *alc* relativamente aos genótipos normais. Quanto à atividade da PME, houve uma tendência do loco *alc*⁺/*alc* em reduzi-la, uma vez que as estimativas do contraste que comparam seu efeito com o genótipo normal, embora não significativas, apresentaram valores negativos (Tabela 20).

A estimativa do contraste que mede o efeito do genótipo *nor*⁺/*nor* sobre a atividade da enzima poligalacturonase nos frutos no estágio *breaker* de maturação, foi negativa e significativa. Dessa forma, há indícios de que o loco *nor*⁺/*nor* promoveu redução significativa na atividade dessa enzima (Tabela 20). Embora o mesmo contraste tenha acusado aumento na atividade da enzima nos estádios mais avançados de maturação, supõe-se que é no estágio inicial que a redução da atividade dessa enzima vai exercer maior influência sobre o processo de amaciamento dos frutos no sentido de retardá-lo. Isso porque o híbrido portador do loco *nor*⁺/*nor* apresentou aumento significativo na meia vida da firmeza e no número de dias, para que atingisse valores de firmeza mais baixos em comparação ao híbrido isogênico normal, conforme pode ser verificado na Tabela 6.

Houve efeito significativo do genótipo *rin*⁺/*rin* nos estádios iniciais do processo de amadurecimento (*breaker* e intermediário). Esse efeito contribuiu para reduzir a atividade tanto da enzima PG quanto da PME nos frutos, quando comparado ao genótipo isogênico normal.

A combinação *alc⁺/alc rin⁺/rin* foi eficiente em reduzir a atividade da PG no estágio *breaker* de maturação (Tabela 20). Isso pode explicar o fato de os frutos do híbrido *alc⁺/alc rin⁺/rin*, em comparação aos frutos do híbrido isogênico normal, terem apresentado aumento de 3,3 dias na meia vida da firmeza, bem como aumentos de 2,8 dias, 3,7 dias e 4,8 dias para que atingissem as firmezas de $3,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, $2,5 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ e $2,0 \times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, respectivamente, a partir da firmeza inicial (Tabela 6).

As estimativas significativas dos contrastes que medem a não-aditividade entre os locos (*nor⁺/nor alc⁺/alc*), (*alc⁺/alc rin⁺/rin*) e (*nor⁺/nor rin⁺/rin*), no estágio *breaker* de maturação, indicam que o efeito da combinação de mutantes é menos drástica que a soma dos efeitos de cada mutante isoladamente (Tabela 20).

Com base nos resultados apresentados, é válido lembrar que: (1) a enzima PG não é o único ou, mesmo, o determinante primário do amaciamento dos frutos (Hobson & Grierson, 1993), em que a beta-galactosidase é colocada como uma enzima alternativa à PG no processo de amadurecimento de tomates (Carrington & Pressey, 1996); (2) mesmo as enzimas estando presentes nos frutos de tomate, suas atividades podem estar paralisadas devido à ausência de substrato para que elas atuem. A metodologia empregada para determinar a atividade da PG, baseada na atividade catalítica enzima/substrato, maximiza essa atividade, não refletindo, talvez, o que ocorre no processo natural de amadurecimento dos frutos.

Tabela 19 Valores médios da atividade das enzimas pectinametilesterase-PME (nmol/g/min) e poligalacturonase-PG (nmol/g/min), de frutos de 10 genótipos de tomateiro, em função do estágio de maturação. Lavras-MG: UFLA, 2001.

TRATAMENTOS	ESTÁDIO DE MATURAÇÃO	GENÓTIPOS	ATIVIDADE ENZIMÁTICA	
			poligalacturonase-PG	Pectinametilesterase-PME
T1 - FloraDade	<i>Breaker</i>	normal	9,722 h	30,625 lmn
T2 - Tropic	<i>Breaker</i>	normal	10,343 h	28,125 mn
T3 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	<i>Breaker</i>	normal	14,523 h	34,375 jkl
T4 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>alc</i>	11,616 h	32,800 klm
T5 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>nor</i>	10,213 h	37,190 ijk
T6 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>rin</i>	10,602 h	31,875 lm
T7 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>nor & alc</i>	13,130 h	38,125 hij
T8 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>alc & rin</i>	11,857 h	40,750 ghi
T9 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	<i>Breaker</i>	heterozigoto <i>nor & rin</i>	12,315 h	46,875 def
T10 - Carmen F ₁	<i>Breaker</i>	híbrido testemunha <i>rin</i>	9,560 h	26,255 n
T11 - FloraDade	Intermediário	normal	35,278 abc	36,875 ijk
T12 - Tropic	Intermediário	normal	35,843 ab	34,375 jkl
T13 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	Intermediário	normal	25,824 efg	42,625 fgh
T14 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	Intermediário	heterozigoto <i>alc</i>	22,500 g	41,255 ghi
T15 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	Intermediário	heterozigoto <i>nor</i>	30,685 bcde	41,565 ghi
T16 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	Intermediário	heterozigoto <i>rin</i>	23,056 fg	39,380 ghi
T17 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	Intermediário	heterozigoto <i>nor & alc</i>	34,482 abc	43,125 efg
T18 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	Intermediário	heterozigoto <i>alc & rin</i>	31,454 bcd	46,560 def
T19 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	Intermediário	heterozigoto <i>nor & rin</i>	25,639 efg	53,440 abc
T20 - Carmen F ₁	Intermediário	híbrido testemunha <i>rin</i>	22,500 g	46,875 def
T21 - FloraDade	Maduro	normal	34,648 abc	46,875 def
T22 - Tropic	Maduro	normal	25,923 efg	47,500 def
T23 - F ₁ (FloraDade x Tropic)	Maduro	normal	30,361 cde	47,815 de
T24 - F ₁ (TOM-610 x FloraDade)	Maduro	heterozigoto <i>alc</i>	25,982 efg	46,565 def
T25 - F ₁ (TOM-613 x Tropic)	Maduro	heterozigoto <i>nor</i>	37,185 a	49,375 cd
T26 - F ₁ (TOM-619 x FloraDade)	Maduro	heterozigoto <i>rin</i>	30,139 cde	46,880 def
T27 - F ₁ (TOM-613 x TOM-610)	Maduro	heterozigoto <i>nor & alc</i>	34,444 abc	49,375 cd
T28 - F ₁ (TOM-619 x TOM-559)	Maduro	heterozigoto <i>alc & rin</i>	30,620 bcde	54,375 ab
T29 - F ₁ (TOM-619 x TOM-613)	Maduro	heterozigoto <i>nor & rin</i>	28,083 def	56,875 n
T30 - Carmen F ₁	Maduro	híbrido testemunha <i>rin</i>	30,556 bcde	50,315 bcd
MÉDIA DOS TRATAMENTOS			23,64	42,29

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (* =0,05).

Tabela 20 Contrastes não ortogonais e suas estimativas para a atividade das enzimas pectinametilesterase-PME (nmol/g/min) e poligalacturonase-PG (nmol/g/min), de frutos de 10 genótipos de tomateiro, em função do estágio de maturação. Lavras-MG: UFLA, 2001

CONTRASTES DE INTERESSES	ESTÁDIO DE MATURAÇÃO	EFEITOS AVALIADOS	ESTIMATIVAS DE CONTRASTES	
			poligalacturonase-PG	pectinametilesterase-PME
T1 - T2	<i>Breaker</i>	FloraDade vs Tropic	-0,620	2,500*
T3 - [0.5*(T1 + T2)]	<i>Breaker</i>	Heterose em background normal	4,491**	5,000**
T4 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito do <i>alc'alc</i> somente	-2,908**	-1,575
T5 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito do <i>nor'nor</i> somente	-4,310**	2,815*
T6 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito do <i>rin'rin</i> somente	-3,921**	-2,500*
T7 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito da combinação. (<i>nor'nor</i>)(<i>alc'alc</i>)	-1,394	3,750**
T8 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito da combinação (<i>alc'alc</i>) (<i>rin'rin</i>)	-2,667*	6,375**
T9 - T3	<i>Breaker</i>	Efeito da combinação (<i>nor'nor</i>) (<i>rin'rin</i>)	-2,208	12,500**
T7 + T3 - T5 - T4	<i>Breaker</i>	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>alc'alc</i>)	5,824**	2,510
T8 + T3 - T4 - T6	<i>Breaker</i>	Não-aditividade (<i>alc'alc</i>) e (<i>rin'rin</i>)	4,102**	10,450**
T9 + T3 - T5 - T6	<i>Breaker</i>	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>rin'rin</i>)	6,023**	12,342**
T1 - T2	Intermediário	FloraDade vs Tropic	-0,565	2,500*
T3 - [0.5*(T1 + T2)]	Intermediário	Heterose em background normal	-9,736**	7,000**
T4 - T3	Intermediário	Efeito do <i>alc'alc</i> somente	-3,324*	-1,370
T5 - T3	Intermediário	Efeito do <i>nor'nor</i> somente	4,861**	-1,060
T6 - T3	Intermediário	Efeito do <i>rin'rin</i> somente	-2,769*	-3,245*
T7 - T3	Intermediário	Efeito da combinação. (<i>nor'nor</i>)(<i>alc'alc</i>)	8,658**	0,500
T8 - T3	Intermediário	Efeito da combinação (<i>alc'alc</i>) (<i>rin'rin</i>)	5,630**	3,935**
T9 - T3	Intermediário	Efeito da combinação (<i>nor'nor</i>) (<i>rin'rin</i>)	-0,185	10,815**
T7 + T3 - T5 - T4	Intermediário	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>alc'alc</i>)	7,120**	2,93
T8 + T3 - T4 - T6	Intermediário	Não-aditividade (<i>alc'alc</i>) e (<i>rin'rin</i>)	11,722**	8,55**
T9 + T3 - T5 - T6	Intermediário	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>rin'rin</i>)	-2,277	15,12**
T1 - T2	Maduro	FloraDade vs Tropic	8,722**	-0,625
T3 - [0.5*(T1 + T2)]	Maduro	Heterose em background normal	0,074	0,627
T4 - T3	Maduro	Efeito do <i>alc'alc</i> somente	-4,380**	-1,250
T5 - T3	Maduro	Efeito do <i>nor'nor</i> somente	6,824**	1,560
T6 - T3	Maduro	Efeito do <i>rin'rin</i> somente	0,222	-0,935
T7 - T3	Maduro	Efeito da combinação. (<i>nor'nor</i>)(<i>alc'alc</i>)	4,083**	1,250
T8 - T3	Maduro	Efeito da combinação (<i>alc'alc</i>) (<i>rin'rin</i>)	0,259	6,560**
T9 - T3	Maduro	Efeito da combinação (<i>nor'nor</i>) (<i>rin'rin</i>)	-2,278	9,060**
T7 + T3 - T5 - T4	Maduro	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>alc'alc</i>)	1,639	0,940
T8 + T3 - T4 - T6	Maduro	Não-aditividade (<i>alc'alc</i>) e (<i>rin'rin</i>)	4,861*	8,750**
T9 + T3 - T5 - T6	Maduro	Não-aditividade (<i>nor'nor</i>) e (<i>rin'rin</i>)	-8,879**	8,440**

**,* Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo F.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Atualmente, os híbridos compreendem a quase totalidade das cultivares de tomate disponíveis no mercado de sementes. Esse fato não é decorrente apenas das vantagens da capitalização da heterose, a qual é importante para algumas das características de interesse agrônomo. Os híbridos são vantajosos com relação à resistência a várias doenças, uniformidade de produção e atributos de qualidade dos frutos e, sob o ponto de vista econômico, podem ser considerados como uma patente natural, proporcionando exclusividade na detenção do genótipo e maior retorno dos investimentos aplicados pelas empresas detentoras das linhagens parentais.

No que tange às características de qualidade dos frutos, principalmente no período de pós-colheita, em que as perdas são bastante expressivas, o emprego de mutantes de amadurecimento pode ser uma alternativa viável, que proporciona frutos mais resistentes ao transporte e com maior vida útil, sem que haja perda de outras características qualitativas importantes.

Não se pode desconsiderar a importância do *background* genotípico do híbrido, o qual é determinado pela combinação favorável de duas linhagens que se complementem bem para os caracteres relacionados à produtividade e qualidade dos frutos. No aspecto produtividade, foi verificado que o *background* do híbrido comercial Carmen F₁, quando comparado ao *background* experimental FloraDade x Tropic, proporcionou maior produção total e precoce de frutos e menor peso médio de frutos. Sob o ponto de vista da qualidade, o *background* do híbrido Carmen F₁ proporcionou frutos com menor tamanho de cicatriz peduncular e com maior longevidade em pós-colheita. Foi demonstrado que, tanto o genótipo *rin*⁺/*rin* quanto o *background* genotípico favorável são responsáveis pela reconhecida alta capacidade de conservação pós-colheita do híbrido comercial Carmen F₁.

Na literatura, de modo geral, é relatado que os alelos mutantes de amadurecimento *alc*, *nor* e *rin*, mesmo em heterozigose, isoladamente, atrasam o desenvolvimento da coloração vermelha dos frutos. Nesse trabalho foi verificado efeito significativo apenas do alelo *nor* sobre a evolução da coloração dos frutos colhidos no estágio *breaker*. No entanto, é necessário enfatizar que esses efeitos podem variar conforme o *background* genético em que esses mutantes estão inseridos e, também, com o estágio de maturação em que os frutos são colhidos.

São poucos os relatos na literatura que descrevem os efeitos dos alelos *alc*, *nor* e *rin* atuando juntos em um mesmo genótipo. Nesse trabalho, verificou-se que os efeitos desses alelos mutantes em duplas combinações sobre a coloração dos frutos foram mais drásticos do que nos híbridos com apenas um loco mutante em heterozigose. Foram registrados atrasos significativos na evolução da coloração, o que refletiu na redução da produção precoce dos frutos, uma vez que as colheitas foram baseadas no início da pigmentação (estádio *breaker*). Esse atraso na coloração dos frutos está, provavelmente, relacionado à redução no teor de licopeno proporcionada pelas combinações *nor*⁺/*nor* *alc*⁺/*alc*, *alc*⁺/*alc* *rin*⁺/*rin* e *nor*⁺/*nor* *rin*⁺/*rin*.

Os efeitos dos locos *nor*⁺/*nor* e *alc*⁺/*alc*, quando juntos em um mesmo genótipo, não apresentaram desvios significativos sobre a coloração externa dos frutos em relação à soma dos efeitos individuais desses locos. Embora os frutos *nor*⁺/*nor* *alc*⁺/*alc* tenham sofrido atraso na chegada da coloração vermelha, a coloração final dos frutos não diferiu visualmente dos demais híbridos portadores de duplas combinações. Portanto, supõe-se que *alc* e *nor* não sejam alélicos.

A firmeza dos frutos em pós-colheita é a característica determinante dos frutos denominados longa vida. Contrariamente a diversos resultados encontrados na literatura, o loco *alc*⁺/*alc* isolado não prolongou a vida útil dos frutos em pós-colheita. Todavia, os trabalhos relatados na literatura referem-se a *backgrounds*

distintos. Já os locos *nor*⁺/*nor* e *rin*⁻/*rin*, isolados, atuaram aumentando a meia vida da firmeza em 1,6 dia e 2,2 dias, respectivamente. Considerando-se as duplas combinações heterozigóticas dos mutantes em estudo, os efeitos sobre a firmeza foram potencializados. Isso demonstra que os frutos tiveram vida útil sensivelmente superior em relação à soma dos efeitos dos genótipos portadores dos alelos individualmente. A combinação *alc*⁺/*alc rin*⁺/*rin* foi a mais eficiente em retardar a perda de firmeza dos frutos, o que pode estar relacionado com a redução da atividade da enzima poligalacturonase no estágio inicial de amadurecimento. Ao contrário das demais combinações, a combinação *alc*⁺/*alc rin*⁺/*rin* não promoveu redução significativa na produtividade. Desfavoravelmente, essa combinação proporcionou atraso na coloração dos frutos; no entanto, não diferiu das demais combinações avaliadas. Uma alternativa para melhorar a coloração dos frutos portadores dos alelos mutantes, aumentando o teor de pigmentos carotenóides, é a introgressão, no mesmo genótipo, de mutantes que aumentam a síntese desses pigmentos, tais como o *old gold crimson* (*og*^c) e *high pigment* (*hp*), conforme relatado por Faria (2000).

Nas condições experimentais desse trabalho, conclui-se que a utilização da combinação de mutantes de amadurecimento em heterozigose pode ser viável para a obtenção de frutos de híbridos de tomateiro longa vida e com características agrônômicas e qualitativas desejáveis.

Com a finalidade de se obterem tomates longa vida, considerando o emprego de apenas um mutante de amadurecimento, o alelo *alc* em heterozigose não apresentou efeito favorável sobre a firmeza dos frutos no *background* utilizado. O alelo *rin* mostrou-se mais promissor quando comparado com o alelo *nor*, pois, quando empregado em heterozigose, proporcionou maior meia vida da firmeza (2,2 dias) sem, no entanto, atrasar significativamente a coloração dos frutos. Considerando-se o emprego de dois mutantes simultaneamente, a combinação *alc*⁺/*alc rin*⁻/*rin* foi a mais promissora, porque proporcionou meia vida de 3,3 dias e

maior tempo para os frutos atingirem a firmeza crítica de $2,0 \times 10^4$ N.m². No entanto, não diferiu das demais duplas combinações quanto ao atraso na coloração em comparação ao genótipo isogênico normal.

6 CONCLUSÕES

O genótipo *alc⁺/alc* não afetou a produção total, peso médio dos frutos, perda de firmeza e a evolução de coloração externa dos frutos. Reduziu a atividade da enzima poligalacturonase, independentemente do estágio de maturação.

O genótipo *rin⁻/rin* foi eficiente em retardar a perda de firmeza dos frutos, sem, no entanto, atrasar a coloração vermelha externa dos frutos. Porém, foi responsável pela redução na produção total e precoce de frutos, bem como reduziu a relação sólidos solúveis total/acidez total titulável e a atividade tanto da enzima poligalacturonase quanto da pectinametilesterase nos estádios *breaker* e intermediário.

O genótipo *nor⁻/nor* também foi eficiente em promover redução significativa na atividade poligalacturonase nos frutos no estágio *breaker* de maturação e retardar a perda de firmeza dos frutos, contudo aumentado a atividade dessa enzima nos estádios intermediário e maduro e, atrasou significativamente a evolução da coloração vermelha externa dos frutos. Promoveu redução no peso médio dos frutos.

O genótipo *nor⁻/nor alc⁻/alc*, embora tenha proporcionado atraso na perda da firmeza dos frutos, promoveu redução na produção total e precoce, e redução do teor de licopeno nos frutos maduros.

A coloração final dos frutos do genótipo *nor⁻/nor alc⁻/alc* não diferiu visualmente dos demais frutos portadores de duplas combinações. Portanto, houve indicação de que não ocorra alelismo entre *alc* e *nor*.

A combinação *alc⁺/alc rin⁺/rin* foi eficiente em reduzir a atividade da poligalacturonase no estágio *breaker* de maturação, proporcionou atrasos na perda de firmeza e na evolução da coloração vermelha dos frutos; os efeitos dos locos *alc⁺/alc* e *rin⁺/rin*, juntos, sofreram desvios significativos com relação à soma dos efeitos desses locos atuando separadamente, no sentido de intensificarem esses

atrasos. Desfavoravelmente, houve redução do teor de licopeno e da relação sólidos solúveis total/acidez total titulável nos frutos *alc⁺/alc rin⁺/rin* maduros.

O genótipo *nor⁺/nor rin⁺/rin* desacelerou a perda da firmeza dos frutos. Também atrasou a evolução da coloração vermelha dos frutos, devido à redução do teor de licopeno nos frutos maduros e reduziu a produção total e precoce.

O *background* do híbrido comercial Carmen F₁, quando comparado ao *background* experimental FloraDade x Tropic, proporcionou maior produção total e precoce de frutos, e menor peso médio de frutos. Também proporcionou frutos com menor tamanho de cicatriz peduncular e com maior longevidade em pós-colheita.

O formato e o tamanho da cicatriz peduncular dos frutos não foram afetados pelos mutantes de amadurecimento, isolados ou em duplas combinações.

O uso de híbridos heterozigotos nas duplas combinações entre os locos *alc*, *nor* e *rin* mostrou-se vantajoso, por propiciar frutos firmes, com maior extensão da vida pós-colheita dos frutos em comparação com os híbridos portadores desses locos isoladamente; embora os frutos duplo mutantes tenham sofrido atraso na evolução da coloração, esse não foi um fator limitante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, M.J.; HUBER, D.J. Physiology and firmness determination of ripening tomato fruit. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.78, n.1, p.8-14, Jan. 1990.
- ANDRADE JÚNIOR, V.C. de. **Avaliação do potencial produtivo e da firmeza pós-colheita de frutos em híbridos de tomateiro.** 1999. 52p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ARAÚJO, M.L. de. **Interações intra-loco e inter-locos *alcobaça*, *crimson* e *high pigment* sobre características de qualidade e de produção de frutos de tomateiro.** 1997. 131p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS **Official methods of analysis of the Association of official analytical chemistry.** 11.ed. Washington, 1992. 1115p.
- BALDWIN, E.A. et al. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Alexandria, v.123, n.5, p.906-915, Sept. 1998.
- BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. *Photochemistry and Photobiology*. Elmsford, v.2, p.241-249, 1963.
- BUESCHER, R.W.; TIGCHELAAR, E.C. Pectinesterase, polygalacturonase, cx-cellulase activities and softening of the *rin* tomato mutant. *HortScience*, Alexandria, v.10, n.6, p.624-625, Dec. 1975.
- CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.13, n.1, maio 1995.
- CARRINGTON, C.M.S.; GREVE, L.C.; LABAVITCH, J.M. Cell wall metabolism in ripening fruit. VI. Effect of the antisense polygalacturonase gene on cell wall changes accompanying ripening in transgenic tomatoes. *Plant Physiology*, Washington, v.103, n.2, p.429-434, Oct. 1993.
- CARRINGTON, C.M.S.; PRESSEY, R. Beta-galactosidase II activity in relation to changes in cell wall galactosyl composition during tomato ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.121, n.1, p.132-136, Jan. 1996.

CARVALHO, V.D.; SOUZA, S.M.C.; CHITARRA, M.I.F.; CARDOSO, D.A.M.; CHITARRA, A.B. Qualidade de tomates da cultivar gigante Kadá amadurecidos na planta e fora da planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.4, p.489-493, abr. 1984.

CHITARRA, M.I.F. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Trabalhos apresentados ...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.1-58.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutos e hortaliças – Fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1990. 320p.

DAVIES, J.N.; HOBSON, G.E. The constituents of tomato fruit – the influence of environment, nutrition and genotype. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.15, n.3, p.205-208, Nov. 1981.

DIAS, T.J.M. **Produtividade e conservação pós-colheita de frutos de híbridos de tomateiro em função do alelo *Alcobaça (alc)* e diferentes *Backgrounds* genético**. 2001. 60p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FARIA, M.V. **Produtividade e qualidade pós-colheita de frutos híbridos de tomateiro heterozigotos nos locos *Alcobaça(alc)*, *Crimson(og^c)* e/ou *high pigment(hp)***. 2000. 78p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 357p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FILGUEIRAS, H.A.C. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco ‘alcobaça’**. 1996. 118p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FLORI, J.E. **Obtenção e avaliação de híbridos F₁ de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) no grupo multilocular**. 1993. 44p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

FLORI, J.E.; MALUF, W.R. **Obtenção e avaliação de híbridos F₁ de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) do grupo multilocular**. **Ciência e Prática**, Lavras, v.18, n.4, p.395-398, Out./Dez. 1994.

FREITAS, J.A. **Produtividade e qualidade de frutos de híbridos de tomateiros, heterozigoto na loco alcobaça.** 1996. 86p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FREITAS, J.A. de et al. Padrão de amadurecimento e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro, em função das diferentes constituições genótípicas no loco alcobaça. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.10, n.3, p.191-196, dez. 1998.

GALVÊAS, P.A.O. **Características agronômicas de sete cultivares de pimentão (*Capsicum annum* L.) e heterose de seus híbridos.** 1988. 83p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GÓMEZ, R. et al. Differences in the rate of coloration in tomato fruit. **Journal of Food Quality**, Connecticut, v.21,n.4, p.329-339, July 1998.

HOBSON G.E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR,G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (ed.). **Biochemistry of fruit ripening.** Londres: Chapman & Hall, 1993. p.405-442.

HOBSON, G.E.; KILBY, P. Methods for tomato fruit analysis as indicators of consumer acceptability. **Annual Report of the Glasshouse Crops Research Institute for 1984**, p.129-136, 1985.

HULTIN, H.O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterase of the banana. Purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v.31, n.3, p.320-327, May/June 1966.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1, 533p.

JONES, R.A.; SCOTT, S.J. Genetic potential to improve tomato flavor in commercial F₁ hybrids. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.109, n., p.318-321, May 1984.

KADER, A.A. et al. Effect o fruit ripeness when picked on flavor and composition of fresh maket tomatoes. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.102, n.6, p.724-731, Nov. 1977.

KADER, A.A. et al. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.103, n.1, p.6-13, Nov. 1978.

KHUIDARI, A.K. The ripening of tomatoes. **American Scientist**, New Haven, v.6, p.696-707, 1972.

KOCH, J.L.; NEVINS, D.J. Tomato fruit cell wall. I. Use of purified tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase to indentify development changes in pectins. **Plant Physiology**, Washington, v.91, n.3,p.816-822, Nov. 1989.

KOPELIOVITCH, E. et al. The potential of ripening mutants for extending the storage life of the tomato fruit. **Euphytica**, Wageningen, v.28, n.1, p.99-104, Feb. 1979.

KOPELIOVITCH, E. et al. Mode of inheritance of alcobaça, a tomato fruit-ripening mutant. **Euphytica**, Wageningen, v.30, n.1, p.223-225, Mar. 1981.

KOPELIOVITCH, E. et al. Effect of the fruit-ripening mutant genes *rin* and *nor* on the flavor of tomato fruit. **Journal American Society Horticultural Science**, Mount, v.107, n.3, p.361-364, 1982.

KRAMER, M.; SANDERS, R.; BOLKAN, H.; WATERS, C.; SHEEHY, R.E.; HIATT, W.R. Postharvest evaluation of transgenic tomatoes with reduced levels of polygalacturonase: processing, firmness and disease-resistance. **Postharvest Biology and technology**, Amsterdam, v.1, n.3, p.241-255, Mar. 1992.

LEAL, N.R. **Herança da conservação natural pós-colheita de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) I- Conservação de frutos e autonomia do pericarpo de híbridos entre a introdução "Alcobaça" e algumas cultivares.** 1973. 66p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LEAL, N.R.; MIZUBUTI, A. Características e conservação natural pós-colheita de frutos de híbridos entre a introdução 'alcobaça' e alguns cultivares de tomate. **Experientiae**, Viçosa, v.19, n.11, p.239-257, jun. 1975. LEAL, N.R.;

SHIMOYA, C. Anatomia do pericarpo de híbridos entre a introdução 'Alcobaça' e alguns cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n.108, p. 75-86, abr. 1973.

LOBO, M. **Genetic and physiological studies of the "Alcobaça" tomato ripening mutant.** 1981. 107p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-University of Florida, Flórida.

LOBO, M.; BASSET, M.J.; HANNAH, L.C. Inheritance and characterization of the fruit ripening mutation in 'alcobaça' tomato. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 109, n. 5, p.741-745, Sept. 1984.

LYONS, J.M.; PRATT, H.K. Effect of stage of maturity and ethylene treatment on respiration and ripening of tomato fruits. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, College Park, v. 84, n.1, p. 491-500, 1963.

MALUF, W.R.; FERREIRA, P.E.; MIRANDA, J.E.C. Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis for yield in F₁ hybrids. **Revista Brasileira de Genética**, Brasília, v.6, n.3, p.453-460, 1983.

MALUF, W.R.; MIRANDA, J.E.C.; CAMPOS, J.R. Análise genética de um cruzamento dialélico de tomate. I- Características referentes à produção de frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.4, p.633-634, abr. 1982.

MALUF, W.R.; MIRANDA, J.E.C.; CORDEIRO, C.M.T. Correlações entre médias de híbridos F₁ e médias progenitores em tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.18, p.1171-1176, Ago. 1982.

MALUF, W.R.; MIRANDA, J.E.C.; FERREIRA-ROSSI, P.E. Genetics analysis of components of fruit size and shape in diallel cross of tomato cultivars. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, n.4, p. 819-831, Dec. 1989

MARKOVIC, O.; HEINRICHVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v.40, p.769-774, 1975.

MELO, P.C.T. de. **Heterose e capacidade combinatória em um cruzamento dialélico parcial entre seis cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. 1987. 108p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MELO, P.C.T.; MIRANDA, J.E.C.; COSTA, C.P da. Possibilidades e limitações do uso de híbridos F₁ de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.6, n.2, p.4-6, nov. 1988.

MENCARELLI, F.; SALTVEIT, Jr., M.E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.113, n.5, p.742-745, Sept. 1988.

MIRANDA, J.E.C.de. **Análise genética de um cruzamento dialélico em pimentão (*Capsicum annum* L.)**. 1987. 159p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MIRANDA, J.E.C.; MALUF, W.R.; CAMPOS, J.P. Correlações ambientais, genotípicas e fenotípicas em um cruzamento dialélico de cultivares de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n. 6, p.899-904, jun. 1982.

- MUTSCHLER, M.A. Ripening and storage characteristics of the 'alcobaça' ripening mutant in tomato. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.109, n.4, p.504-507, July 1984a.
- MUTSCHLER, M. A. Inheritance and linkage of the 'alcobaça' ripening mutant tomato. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 109, n.4, p.500-503, July 1984b.
- MUTSCHLER, M.A.; WOLFE, D.W.; COBB, E.D.; YOURSTONE, K.S. Tomato fruit quality and shelf life in hybrids heterozygous for the *alc* ripening mutant. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.4, p.352-355, Apr. 1992.
- NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Tokio, v.39, n.10, p.925-928, 1992.
- NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, p.136-175, 1944.
- NG, T.J.; TIGHELLAAR, E.C. Action of the non-ripening (nor) mutant on fruit ripening of tomato. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount, v.102, n.4, p.504-509, July 1977.
- PICHA, D.H. Effect of harvest maturity on the final fruit composition of cherry and large-fruited cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.5, p.723-727, Sept. 1986.
- RATANACHINAKORN, B.; KLIEBER, A.; SIMONS, D.H. Effect of short-term controlled atmospheres and maturity on ripening and eating quality of tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.11, n.3, p.149-154, July 1997.
- RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S.P. Activity of pectina esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v.44, n.12, p.1717-1723, Dec. 1969.
- RESENDE, J.M. **Qualidade pós-colheita de dez genótipos de tomateiro do grupo multilocular**. 1995. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SALUNKHE, D.K.; BOLIN, H.R.; REDDY, N.R. **Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables**. Boca Raton: CRC, 1991. 323p.
- SAS Institute. **SAS/STAT user's guide**. Cary, N.C., 1990.

SCHUCH, W. et al. Fruit quality characteristics of transgenic tomato fruit with altered polygalacturonase activity. **Hortsciences**, Alexandria, v.26, n.12, p.1517-1520, Dec. 1991.

SINK, K.C., Jr.; HERNER, R.C; KNOWLTON, L.L. Chlorophyll and carotenoids of the *rin* tomato mutant. **Canadian Journal Botany**, Michigan, v.52, p.1657-1660, 1974.

SMITH, C.J.S. et al. Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. **Letters to Nature**, England, v.334, n.25, p.724-726, 1988.

SOUSA, J. A.de. **Avaliação da heterose em híbridos de berinjela (*Solanum melogena* L.)** 1993. 70p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SOUZA, J.C. de. **Avaliação de tomateiros híbridos, do grupo multilocular, portadores do alelo alcobaça em heterozigose.** 1995. 56p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOZZI, G.O.; CASCONI, O.; FRANCHINA, A.A. Effect of a high-temperature stress on endo- α -mannanase and α - and β -galactosidase activities during tomato fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n.1, p.49-63, Oct. 1996.

STEVENS, M.A. Genotypic variation for flavour and composition in fresh market tomatoes. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.102, n.5, p.680-689, Sept. 1977.

SURESH, K.S.; HANNA, R. Physiological, biochemical and genetic basis of heterosis. **Advances in Agronomy**, New York, v.27, p.123-175, 1975.

TABIM, M.H. **Conservação natural pós-colheita de frutos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). II- Conservação de frutos híbridos entre a introdução Alcobaça e alguns cultivares.** 1974. 30p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TAVARES, M. **Heterose e estimativa de parâmetros genéticos em um cruzamento dialélico de pimentão (*Capsicum annum* L.).** 1993. 89p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

THOMPOS, A.E.; TOMES, M.L.; WANN, E.V. Characterization of crimson tomato fruit color. **Journal American Society for Horticultural Science**, Mount, v. 86, p. 610-616, June 1964.

THOMPSON, A.E. et al. Inheritance of *crimson* fruit color in tomatoes. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, College Park, v.91, n.2, p.495-504, Dec. 1967.

TIGCHELAAR, E.C.; MCGLASSON, W.B.; BUESCHER, R.W. Genetic regulation of tomato fruit ripening. **HortScience**, Alexandria, v.13, n.5, p.508-513, Oct. 1978.

VILAS BOAS, E.V.B. **Maturação pós-colheita de híbridos de tomate heterozigotos no loco alcobaça**. 1998. 105p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

YOUNG, T.E.; JUVIK, J.A.; SULLIVAN, J.G. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mout, v.118, n.2, p.286-292, Mar. 1993.