



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



LUÍS HENRIQUE DOS SANTOS RODRIGUES

**Seleção de genótipos de limão com tolerância ao HLB para
produção de óleo essencial**

ARARAS - 2020



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônômica



LUÍS HENRIQUE DOS SANTOS RODRIGUES

**Seleção de genótipos de limão com tolerância ao HLB para
produção de óleo essencial**

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Agrônômica – CCA – UFSCar para
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Patrícia Marlucci da Conceição

ARARAS – 2020

Dedico aos meus pais Fátima e Sergio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a UFSCar e ao Instituto Agrônômico (IAC) - Centro de Citricultura Sylvio Moreira, pelo espaço e estrutura concedidos e conhecimento disponibilizados ao longo de todo o período em que os frequentei.

Sou grato ao Dr. Fernando Alves de Azevedo, pesquisador do Centro de Citricultura Sylvio Moreira/IAC, por ter me dado a oportunidade e suporte para a realização deste trabalho e, dos principais trabalhos que realizei na graduação.

Grato a minha orientadora Dr^a. Patrícia Marlucci da Conceição pela paciência e conhecimento compartilhado na realização deste trabalho.

Agradeço ao doutorando Rodrigo Ferreira pelo apoio, material e ajuda oferecidos durante a realização deste estudo.

Agradeço aos meus pais Fátima e Sergio que sempre me apoiaram e me proporcionaram aprendizados valiosos, sendo indispensáveis para concluir essa etapa da minha vida.

Muito obrigado aos meus avós Maria e Angelino, que me inspiram e dão muita motivação para concluir a graduação.

Agradeço meu irmão João, pelos conselhos e novas ideias durante minha graduação.

Agradeço a minha melhor amiga e companheira Letícia (Melada) por me apoiar, me inspirar e ser honesta, me ajudando com amor durante a parte mais importante da minha graduação.

Agradeço a gloriosa república Boia Fria, lugar onde pude crescer como homem, onde consegui irmãos para a vida, histórias que serão contadas aos netos e, principalmente, uma segunda família.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.
(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

A citricultura brasileira é um dos pilares da balança comercial nacional, sendo uma das maiores do mundo, porém o *huanglongbing* (HLB) vem causando perdas significativas no setor. Não há relatos na literatura sobre variedades e espécies cítricas resistentes ou tolerantes ao HLB. No BAG Citros IAC existem 105 acessos de limão (*Citrus limon*), espécie que pode ser explorada no mercado de frutas frescas e suco e, também apresenta subprodutos com alto valor agregado, sendo o mais importante deles o óleo essencial da casca. Objetivou-se com este trabalho selecionar genótipos de limão com tolerância ao HLB e com alta produção de óleo essencial. Foram avaliados seis genótipos de limão (Saisons variegado IAC 290, Eureka IAC 644, Woglum IAC 271, Mayer IAC 630, São Matheus IAC 265 e Laranjado IAC 281) quanto à incidência e severidade ao HLB, características físico-químicas dos frutos, produtividade e rendimento de óleo essencial. As avaliações foram realizadas no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019. Todos os genótipos apresentaram 100% de incidência de HLB na avaliação realizada no primeiro semestre de 2019. O genótipo Woglum apresentou, nas condições edafoclimáticas estudadas, menor severidade ao HLB na avaliação em 2018 e 2019, em relação aos genótipos São Matheus, Eureka, Laranjado e Saisons Variegado. Quanto às características físico-químicas, notou-se diminuição de massa dos frutos colhidos em 2018, para frutos colhidos em 2019 para as cultivares Mayer e São Matheus. Frutos colhidos em 2018 e 2019, não diferiram entre os genótipos nos parâmetros de altura e largura de frutos, rendimento de suco, acidez, vitamina C e *ratio*. Os genótipos Woglum, Mayer, Laranjado e Saison variegado, apresentaram diminuição de sólidos solúveis totais de frutos colhidos em 2018, para frutos colhidos em 2019. A cultivar Eureka apresentou maior produção por planta na avaliação de 2019, enquanto a cultivar São Matheus apresentou maior eficiência produtiva na mesma avaliação em relação aos demais. O rendimento de óleo essencial da casca foi maior nos frutos colhidos no primeiro semestre de 2019 em relação a 2018 para todos os genótipos. Dos seis genótipos estudados, os genótipos Woglum e Mayer, apresentam maior tolerância ao HLB e o genótipo Eureka apresenta alta produtividade de óleo por hectare.

Palavras-chave: *Citrus limon*, subproduto, melhoramento.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Frutos dos genótipos avaliados: 1- Seasons variegado IAC 290, 2- Eureka IAC 644, 3- Woglum IAC 271, 4- Mayer IAC 630, 5- São Matheus IAC 265 e 6- Laranjado IAC 28 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019)..... 18
- Figura 2. Extratora Organização Internacional Centenário (OIC) modelo OTTO 1800 (Cordeirópolis/SP, 2019)..... 20
- Figura 3. Refratômetro B&S, modelo RFM 330 (Cordeirópolis/SP, 2019). 21
- Figura 4. Hidrodestilador (Cordeirópolis/SP, 2018/2019). 22
- Figura 5. Produtividade estimada por semestre e anual de seis genótipos de limão no segundo semestre de 2018 e primeiro de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019)..... 32
- Figura 6. Produtividade de óleo semestral e anual de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019)..... 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Incidência e severidade do HLB em plantas de seis genótipos de limão no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019).	24
Tabela 2. Valores médios de massa e índice de conformação dos frutos (altura/diâmetro) – IC de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).	26
Tabela 3. Rendimento de suco e teor de vitamina C de frutos de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).	28
Tabela 4. Sólidos solúveis totais, acidez e <i>Ratio</i> de frutos de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).	29
Tabela 5. Volume de copa e produção por planta de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).	30
Tabela 6. Eficiência produtiva de seis genótipos de limão no segundo semestre de 2018 e primeiro de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).	31
Tabela 7. Porcentagem de casca (PC) e rendimento de óleo essencial (RO) de frutos de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019).	33
Tabela 8. Porcentagem de óleo (PO) de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019).	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. <i>huanlongbing</i> (HLB)	12
2.2. Limão (<i>Citrus limon</i>)	13
2.3. Óleo essencial	14
2.4. Óleo essencial do limão (<i>Citrus limon</i>)	15
3. OBJETIVOS	17
3.1. Objetivo Geral	17
3.2. Objetivos específicos	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Coleção de trabalho e delineamento experimental	18
4.2. Avaliação de incidência e severidade de <i>huanglongbing</i> (HLB) nas plantas	19
4.3. Análises físico-químicas dos frutos	19
4.3.1. Massa	19
4.3.2. Índice de conformação dos frutos (Altura/diâmetro)	19
4.3.3. Rendimento de suco	20
4.3.4. Sólidos solúveis totais (SST)	20
4.3.5. Acidez (AT)	21
4.3.6. <i>Ratio</i> (relação sólidos solúveis/acidez)	21
4.3.7. Teor de Vitamina C	20
4.4. Desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas	21
4.5. Porcentagem de casca, rendimento e produtividade de óleo essencial	22
4.6. Análise dos dados	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1. Incidência e severidade ao <i>huanlongbing</i> (HLB)	24
5.2. Análises físico-químicas dos frutos	25
5.3. Desenvolvimento vegetativo e produtividade	29
5.4. Porcentagem de casca, rendimento e produtividade de óleo essencial	32
6. CONCLUSÕES	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

O *huanglongbing* (HLB), uma doença bacteriana, é a mais importante e destrutiva doença da citricultura mundial (BELASQUE et al., 2010). Nos pomares da maior região produtora do Brasil, o estado de São Paulo e o Triângulo Mineiro, a doença apresentou uma incidência de 18,15% no ano de 2018 (PAIVA; DUARTE, 2019). A bactéria é transmitida pelo psílideo-asiático-dos-citros (*Diaphorina citri*) e apresenta como sintomas folhas mosqueadas (clorose assimétrica), deformação dos frutos, abortamento de sementes, queda de folhas e de frutos e morte de brotações (BELASQUE et al., 2009).

Um longo período de incubação, a expressão dos sintomas de forma assíncrona e a falta de métodos curativos para a doença são as principais características que colocam o HLB como maior ameaça à citricultura (BASSANEZI, 2019). Não há métodos curativos para a doença, sendo assim o controle envolve o plantio de mudas saudáveis, a eliminação de plantas doentes e o controle de *D. citri*, tendo como fundamento a prevenção de novas infecções em plantas ainda saudáveis (BELASQUE et al., 2010). Segundo Paiva e Duarte (2019), cerca de 3 a 4 milhões de árvores com HLB foram erradicadas anualmente de 2008 a 2015. Até o ano de 2018 o Brasil perdeu consideravelmente mais árvores devido ao HLB, 45 milhões, do que com a tristeza, nas décadas de 1930/1940, onde cerca de 10 milhões de árvores foram perdidas na época (BARBOSA; RODRIGUES, 2014), com isso o HLB vem afetando drasticamente a citricultura no país.

A citricultura se destaca como um dos principais seguimentos do agronegócio brasileiro, uma vez que o país é o maior produtor mundial de laranja, com 37% da produção total em 2019 e produziu 64% de todo suco concentrado do mundo no mesmo ano (USDA, 2019). A produção nacional de limão é menor, o Brasil fica em quinto lugar como maior produtor, atrás da Índia, México, China e Argentina. Na safra 2017/18 o país produziu aproximadamente 1,5 milhão de toneladas em 58,8 mil hectares (ha), valores baixos se comparados à cultura da laranja que produziu 16,7 milhões de toneladas em 590 mil ha no mesmo período (IBGE 2018). Porém, nos últimos quatro anos a demanda mundial pelo limão teve aumento de 4%, o que pode representar uma oportunidade de expansão de mercado para o Brasil (VIDAL, 2019).

O limão (*Citrus limon*) ainda é pouco consumido *in natura* no Brasil. De acordo com Ferreira et al (2018), os genótipos mais plantados no país são o Siciliano e o

Eureka. A maior parte da produção é destinada à indústria onde se obtém o suco concentrado, a pectina vinda do albedo e o óleo essencial da casca que possui alto valor agregado. O óleo essencial do limão é um dos mais utilizados como flavorizante natural, sendo usado na indústria alimentícia para fabricação de diversos produtos principalmente bebidas alcoólicas, refrigerantes e para o aumento da vida útil de alimentos, além de ser usado para perfumaria, farmacêutica e a indústria da química fina (CARVALHAL, 2019). Segundo Dias (2019); Oliveira (2017) e Ribeiro (2020), o uso de óleo essencial de citros pode ter diversas outras finalidades pois apresentaram bons resultados com ação inseticida, bactericida, fungicida e ainda existem herbicidas orgânicos como o Avenger Organic Weed Killer® feito a partir de óleo essencial de citros que apresentaram bom controle em um amplo espectro de plantas infestantes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Huanglongbing* (HLB)

O *huanglongbing* (HLB) é uma doença causada pela bactéria *Candidatus Liberibacter*, e está associada a três espécies de bactérias, *Ca. L. asiaticus* (CLas), *Ca. L. africanus* (CLaf) e *Ca. L. americanus* (CLam) (BELASQUE et al., 2009). A CLaf não teve relatos nas Américas e a CLam foi relatada apenas no Brasil. A CLas é a espécie mais disseminada nas Américas do Sul, Central e do Norte. Essa espécie atinge maior concentração da bactéria nas plantas infectadas se tornando mais eficientemente transmitida pelo vetor, tendo assim maior número de plantas infectadas e conseqüentemente maior número de inóculo primário, além disso possui maior resistência ao calor em comparação à CLam (Lopes et al., 2009).

A bactéria pode ser transmitida através do contato de uma planta infectada com uma sadia pela enxertia. No entanto, mais comumente, a bactéria é transmitida pelo inseto vetor (psílídeo) - *Diaphorina citri*, que pode ser encontrado no país desde a década de 40. O psílídeo se tornou um problema para a citricultura a partir de 2004, quando surgiram os primeiros relatos da CLas no Estado de São Paulo. O inseto possui uma gama de hospedeiros que inclui muitas espécies de citros e podem se movimentar ativamente por voos curtos ou ser carregado a longas distâncias pelas correntes de ar. Segundo Bové (2006), uma vez adquirida a bactéria, a transmissão ocorre por toda a vida do inseto. A planta conhecida como murta ou falsa-murta (*Murraya paniculata*), muito utilizada no Brasil como planta ornamental e cerca viva, é hospedeira da bactéria *Candidatus Liberibacter*. e do vetor *D. citri*, podendo se tornar inóculo da doença (BELASQUE et al., 2009).

Plantas infectadas com HLB podem apresentar diversos sintomas, os mais comuns são, no início, a presença de ramos com folhas mosqueadas, onde as folhas sintomáticas apresentam manchas assimétricas de cor amarela. Com o avanço da doença pode-se notar deformação e queda prematura dos frutos de ramos sintomáticos, desfolha generalizada e morte de ponteiro (SILVA; PEREIRA; ROCHA, 2020 e BELASQUE et al., 2009). Segundo Bové (2006), o período de incubação do HLB é assíncrono, ou seja, o tempo entre a infecção e o aparecimento dos primeiros sintomas pode variar de seis a dezoito meses de acordo com vários fatores como ambiente, espécie de citros e época do ano, sendo assim, pode-se encontrar plantas infectadas num pomar, porém assintomáticas. Segundo Yamamoto et. al. (2015),

quando uma inspeção visual revela n plantas sintomáticas, pode-se assumir que na realidade existem aproximadamente $2n$ de plantas infectadas.

No cenário atual da citricultura, não há métodos de cura da doença, antibióticos e podas controladas não foram efetivos e, ainda não há relatos de resistência ou tolerância de espécies cítricas ao HLB (SILVA; PEREIRA; ROCHA, 2020). Atualmente para o manejo do HLB, as medidas são: a) plantio de mudas saudáveis, produzidas em viveiros protegidos; b) redução do inóculo pela eliminação das plantas sintomáticas; e c) controle do vetor (Bové 2006).

De acordo com Yamamoto (2015), os principais problemas relacionados ao controle do HLB são: a rápida disseminação nos pomares em nível regional; o longo período de incubação da bactéria; o vetor pode adquirir a bactéria em plantas assintomáticas; ocorrência de hospedeiros alternativos do vetor e da bactéria; e plantas cítricas sintomáticas em propriedades não cítricas, fundo de quintal e área urbana que pode se tornar inóculo do HLB. Assim, o manejo efetivo da doença em grandes áreas, a demanda de tecnologia, a necessidade de mão de obra e maior número de aplicações de agrotóxicos diminuem a rentabilidade do produtor, o que torna de suma importância encontrar genótipos tolerantes ou resistentes à doença.

2.2. Limão (*Citrus limon*)

A origem do limão (*Citrus limon*), denominado limão verdadeiro, ainda não é certa, segundo Ferreira et. al. (2018), a espécie veio da Índia e teve sua introdução nas Américas através das grandes navegações no século XIV. Atualmente denomina-se limão, não só o *Citrus limon*, mas também, de modo errôneo, a lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka) e Galego (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle), sendo assim, as estatísticas de produção e comércio são feitas de modo conjunto e isso gera uma falta de precisão nos dados, porém, estima-se que 70% da produção mundial seja de limão verdadeiro (SILVA; FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2008).

No Brasil, as limas ácidas dominam o mercado, fazendo com que o comércio do limão *in natura* seja limitado. O limão tem como características frutos alongados, coloração amarela quando maduros e apresenta duas extremidades proeminentes. Segundo Figueiredo et. al (2005) essas são características pouco aceitas no mercado brasileiro, que está familiarizado com frutos de cor verdes quando maduros (lima ácida Tahiti), isso faz com que grande parte da produção de limão seja direcionada para a indústria ou exportação (LUCENA et. al., 2012).

O limão é utilizado para produção de suco concentrado usado na indústria alimentícia e, ainda são destinados para a produção de óleos essenciais, pectina do albedo e ácido cítrico (FIGUEIREDO et. al., 2005). O suco do limão é de acidez moderada, e na indústria é utilizado para a fabricação de refrigerantes, bebidas alcoólicas, bolos e doces. Esse suco possui alto valor de potássio e vitamina C, o que o faz ser indicado para diversos usos para a saúde humana, como para combater colesterol alto, hipertensão, aumenta a resistência do músculo cardíaco e possui ação diurética. O ácido cítrico é um produto extraído do suco do limão e serve na indústria como acidulante na fabricação de queijos e geleias, antioxidantes na conservação de alimentos e ainda como agente no processo de branqueamento de alimentos semiprocessados (SILVA, 2017).

A pectina vinda do albedo do limão representa cerca de 20 a 30% do peso total do fruto e, por ter alta qualidade, amplo uso na indústria e baixo custo de aquisição tem grande demanda mundial. A maior parte da pectina é empregada como agente emulsificante em suspensões alimentícias e na fabricação de diversos tipos de pasta, desde xampus e pastas de dentes, até o uso para fabricação de medicamentos em gel e pastosos (ALVES, 1986).

O limão *in natura* é apreciado de diversos modos, como em saladas, pickles, maioneses, coquetéis e águas aromatizadas, além disso, segundo Campelo (2013) o limão, com todos os seus componentes, possui várias ações terapêuticas na medicina popular, como adstringente, antibiótico, antisséptico, antiemético, antidepressivo e anti-inflamatório.

2.3. Óleo essencial

Os óleos essenciais são compostos líquidos, complexos, presentes em todos os órgãos da planta, flores, folhas, cascas, rizomas, frutos e sementes, são formados a partir do metabolismo secundário das plantas e têm como principal função natural a proteção contra macro e microrganismos (BAKALLI et al., 2008). São formados de diversos componentes, nos quais se encontram hidrocarbonetos (terpenos), álcoois, acetonas, aldeídos e ésteres (SOUZA, 2013).

Há diversas culturas importantes para a produção de óleo essencial, dentre elas, mundialmente em destaque estão os óleos de laranja, menta, eucalipto, citronela, hortelã e limão. O Brasil tem lugar de destaque na produção de óleos essenciais, ao lado da Índia, China e Indonésia, que são considerados os 4 grandes

produtores mundiais. A posição do Brasil deve-se principalmente ao óleo essencial da laranja e em complemento, o óleo essencial de limão que são subprodutos da indústria de sucos (BIZO; HOVELL; RESENDE, 2009). Estima-se que aproximadamente 50 mil t de limoneno, principal componente do óleo essencial cítrico, são recuperadas ao ano como subproduto da indústria mundial (TEIXEIRA; MARQUES; FIGUEIREDO, 2013).

Os óleos essenciais podem ser extraídos com métodos de hidrodestilação, extração por solventes orgânicos, extração por fluido supercrítico e prensagem a frio (ALMEIDA et. al., 2020). Os métodos de extração são empregados especificamente de acordo com a necessidade e destino do produto, segundo Alves (1986), o método de prensagem a frio apresenta o óleo com melhores propriedades físico-químicas, sendo bastante estável e resistente à oxidação natural, sendo mais empregado na indústria alimentícia.

O óleo essencial tem diversos usos em muitos setores da indústria, além do uso como aromatizantes e reagentes naturais para as indústrias farmacêuticas, cosméticas e sanitárias, ele vem sendo utilizado para aumentar a vida útil de alimentos. Estudos têm mostrado boa ação antibacteriana e antifúngica dos óleos essenciais frente a microrganismos patológicos e fitopatológicos (FREIRE et al., 2014); (LIMA et al., 2016). Gomes et al. (2016) e Kubiça et al., (2015), demonstraram que os óleos essenciais podem ter bom efeito antiviral e larvicida. Dentro desses fatores o uso dos óleos essenciais se mostra como uma excelente alternativa aos produtos químicos que normalmente são empregados para estes fins, impactando positivamente na preservação do meio ambiente com a utilização de fontes renováveis e desenvolvimento sustentável (ALMEIDA et. al., 2020).

2.4. Óleo essencial do limão (*Citrus limon*)

A composição química dos óleos essenciais de limão é bastante complexa, tem sido estudada por vários anos e segundo Teixeira, Marques e Figueiredo (2013) os principais componentes são os hidrocarbonetos d-limoneno, β -pineno, g-terpineno e α -pineno. O rendimento médio de extração de óleos cítricos está entre 0,4 a 0,75%, ou seja, para cada tonelada de fruta processada são obtidos de 4 a 7,5 kg de óleo (BIZO; HOVELL; RESENDE, 2009; Van der Merwe, 2005). Na safra de 2017/2018 o Brasil produziu aproximadamente 1,5 milhões de toneladas de limas ácidas e limões (FAOSTAT, 2018), onde aproximadamente 10% é representado apenas por limões,

totalizando assim um potencial bruto de produção de até 1,1 mil toneladas de óleo essencial de limão.

O óleo essencial de limão são empregados principalmente como aromas, fragrâncias, fixadores em composições farmacêuticas e comercializados na sua forma bruta ou beneficiada (ALMEIDA et. al., 2020). Na forma bruta, o óleo prensado concentrado, além dos usos já citados, segundo Alves (1986), é utilizado em testes de detecção e identificação de adulterações em formulações químicas e, também para corrigir aromas de medicamentos. O óleo ainda pode ser beneficiado, surgindo o óleo essencial terpenado, que é usado como solvente de tintas, na composição de resinas, detergentes e aditivos para combustíveis. O óleo essencial desterpenado é utilizado como estabilizante para suspensões de produtos alimentícios e o óleo essencial destilado é usado para imprimir odor natural de limão a diversos produtos da indústria (ALVES, 1986); (ALMEIDA, 2020); (BIZO; HOVELL; RESENDE, 2009).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Selecionar genótipos de limão (*Citrus limon*) com tolerância ao HLB para produção de óleo essencial.

3.2. Objetivos específicos

Avaliar genótipos de limão quanto à incidência e severidade ao HLB, características físico-químicas dos frutos, produtividade e rendimento de óleo essencial.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Coleção de trabalho e delineamento experimental

Uma Coleção de Trabalho de Citros (CTC) foi estabelecida em 2015/2016 em uma área total de 29 hectares. Nessa área, 720 diferentes acessos foram implantados, contendo representantes de diferentes grupos hortícolas (tangerinas comuns, tangerinas do mediterrâneo, clementinas, tangores, laranjas, limas doces, limas ácidas, limão e diferentes grupos de porta-enxertos) enxertados em limão Cravo. As plantas foram distribuídas em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, para avaliação de características hortícolas, totalizando cerca de 5800 plantas. Dessa coleção selecionou-se para esse trabalho seis genótipos de limão: Saisons variegado IAC 290, Eureka IAC 644, Woglum IAC 271, Mayer IAC 630, São Matheus IAC 265 e Laranjado IAC 281 (Figura 1).



Figura 1. Frutos dos genótipos avaliados: 1- Saisons variegado IAC 290, 2- Eureka IAC 644, 3- Woglum IAC 271, 4- Mayer IAC 630, 5- São Matheus IAC 265 e 6- Laranjado IAC 281 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019).

A CTC do Centro APTA Citros Sylvio Moreira/IAC, Cordeirópolis/SP está situada nas coordenadas: 22°27'22" S e 47°29'27" O, com altitude de 713 m e clima do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido sem estação seca (ROLIM et al., 2005). O solo é do tipo Latossolo Vermelho-Escuro distrófico e a média de precipitação pluvial anual é de 1.375 mm. A temperatura média anual é de 21,3 °C. (CEPAGRI, 2019).

As avaliações nos seis genótipos de limão foram realizadas em duas épocas:

segundo semestre de 2018 (frutos temporões) e primeiro semestre de 2019 (frutos de época).

4.2. Avaliação de incidência e severidade de *huanglongbing* (HLB) nas plantas

Para avaliação da incidência da doença foram realizadas inspeções visuais de todas as plantas nos meses de setembro/2018 e março/2019. Identificadas as plantas com sintomas foram coletadas 10 folhas do ramo sintomático para detecção do patógeno através de qPCR, na Clínica de Fitopatologia do Centro de Citricultura Sylvio Moreira, Cordeirópolis/ SP. Após confirmação laboratorial calculou-se a porcentagem de plantas sintomáticas (incidência). Para avaliação da severidade determinou-se a porcentagem da copa com sintomas, cada planta recebeu um percentual de 0 a 100%, sendo: 0 - ausência de folhas sintomáticas, e 100% - ausência de folhas saudáveis. O percentual de severidade variou sempre em 10% (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100) (Adaptado de Gottwald et al., 1989).

4.3. Análises físico-químicas dos frutos

As avaliações físico-químicas foram feitas em duas épocas, em frutos colhidos no segundo semestre de 2018 (outubro) e, frutos colhidos no primeiro semestre de 2019 (abril), de diferentes posições da planta, visando assim, a uniformidade das amostras analisadas. Amostras contendo dez frutos por repetição do ensaio foram coletadas e encaminhadas para o Laboratório de Qualidade do Centro de Citricultura Sylvio Moreira, Cordeirópolis/ SP, onde foram realizadas as seguintes análises físico-químicas:

4.3.1. Massa

A massa dos frutos foi determinada através da pesagem dos mesmos em balança digital, com capacidade máxima para 15 quilos, obtendo-se o valor total da amostra e posteriormente, a massa de cada fruto.

4.3.2. Índice de conformação dos frutos (Altura/diâmetro)

A leitura da altura e largura, de cada amostra, foi realizada com auxílio de uma escala graduada, em centímetros. O índice de conformação dos frutos foi calculado pela razão entre a altura (A) e o diâmetro (D). O formato do fruto pode variar de oblongo ($A/D > 1,0$), esférico ($A/D = 1,0$) a achatado ($A/D < 1,0$).

4.3.3. Rendimento de suco

O rendimento de suco foi determinado após esmagamento do fruto na extratora Organização Internacional Centenário (OIC) modelo OTTO 1800 (filtro com diâmetro interno = 26,11mm; comprimento = 265mm; furos de diâmetro = 0,6 mm; área de vazão = 20%) (Figura 2) e calculado através da relação massa do suco/massa do fruto e expresso em porcentagem (%).

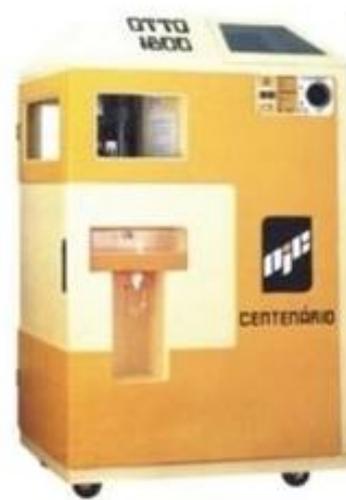


Figura 2. Extratora Organização Internacional Centenário (OIC) modelo OTTO 1800 (Cordeirópolis/SP, 2019).

4.3.4. Teor de Vitamina C

A vitamina C (ácido ascórbico) foi determinada pela titulação de 50ml de suco, seguindo o método realizado com solução de N-bromosuccinimida (NBS), utilizando-se solução de ácido oxálico 4% para diluição das amostras e iodeto de potássio e amido como indicador (HOEHNE; MARMITT, 2020). O ponto final da titulação foi detectado pela viragem da solução de incolor para lilás. O resultado da análise foi expresso em mg de ácido ascórbico/100 ml de suco.

4.3.5. Sólidos solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis foi determinado por leitura direta no refratômetro B&S, modelo RFM 330 (Figura 3) e expresso em °Brix, seguindo o método descrito pelo Official Methods of Analysis of Internacional (AOAC, 2005). O equipamento foi calibrado com água destilada e em seguida foram colocadas 2 gotas de suco

(amostra) no prisma óptico para determinar a leitura. Os dados foram corrigidos pela temperatura e pela acidez do suco.



Figura 3. Refratômetro B&S, modelo RFM 330 (Cordeirópolis/SP, 2019).

4.3.6. Acidez (AT)

A acidez foi determinada por método volumétrico (AOAC, 2005), obtida por titulação de 25 ml de suco, com solução padronizada de hidróxido de sódio de normalidade 0,3125 e fenolftaleína como indicadora. A acidez do suco foi expressa em porcentagem com base na massa de ácido cítrico anidro por 25 ml de suco.

4.3.7. Ratio (relação sólidos solúveis/acidez)

O *ratio* foi calculado pela relação sólidos solúveis/acidez. Essa relação indica o estágio de maturação dos frutos cítricos.

4.4. Desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas

Foram realizadas medições da altura e do diâmetro da copa, com auxílio de uma régua graduada no primeiro semestre de 2019 (maio). As medições do diâmetro foram realizadas tanto no sentido linha, quanto no sentido entrelinha, gerando o valor médio dessa variável, pela qual obteve-se o raio das copas. O volume de copa foi calculado através da fórmula proposta por Mendel (1956):

$$V = 2/3 \pi r^2 H$$

Onde, V é o volume de copa (m³), r é o raio (m) e H é a altura (m) das plantas de limão.

A avaliação da produção por planta foi realizada colhendo-se todos os frutos dos genótipos no segundo semestre de 2018 (outubro) e, no primeiro semestre de 2019 (abril), pesando-os com uso de um dinamômetro de 0,5 kg de precisão. Com os dados de produção por planta foi calculada a eficiência produtiva, obtida pela relação entre a produção de frutos (quilograma por planta) e o volume da copa (metros cúbicos por planta).

Com os dados do diâmetro calculou-se a quantidade de plantas por hectare para cada genótipo, através da equação (De Negri et al., 2005): $d+2,5m \times 0,75*d$. A produtividade estimada foi calculada multiplicando a produção por planta pela quantidade de plantas por hectare ($t \text{ ha}^{-1}$). O desenvolvimento produtivo das plantas foi calculado para as duas épocas de análises realizadas, nos frutos colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019.

4.5. Porcentagem de casca, rendimento e produtividade de óleo essencial

Vinte frutos maduros por repetição de cada genótipo foram colhidos no segundo semestre de 2018 (outubro) e, no primeiro semestre de 2019 (abril). Foram pesados com e sem casca e posteriormente foi calculado a porcentagem de casca na composição do fruto. As cascas foram picotadas manualmente em pedaços de 1 cm^2 para extração de óleos essenciais.

Os óleos essenciais foram extraídos por destilação por arraste a vapor, utilizando-se um aparelho tipo Moritz (Figura 4), com 300 gramas de cascas, por um período de 2 horas, o rendimento de óleo essencial (RO) foi quantificado e expresso em $\text{ml } 100\text{g}^{-1}$ de casca (Teixeira et al., 2013).



Figura 4. Hidrodestilador (Cordeirópolis/SP, 2018/2019).

A produtividade de óleo por hectare (POS) foi calculada para frutos do segundo semestre de 2018 e do primeiro semestre de 2019 e posteriormente somada, gerando a produtividade de óleo por hectare por ano (POA) para cada genótipo. O cálculo da produtividade estimada de óleo por hectare por semestre e anual (POS e POA) foi realizado pela fórmula:

$$\text{POS/POA} = [(\text{PE} \times \%C) / 1000] \times \text{RO}$$

Onde: POS = produtividade de óleo por hectare por semestre, POA = produtividade de óleo por hectare por semestre, PE = produtividade de frutos estimada por hectare (em cada semestre e anual), %C = porcentagem de casca (em cada semestre) e, RO = rendimento de óleo essencial (em cada semestre). Os resultados foram expressos em litros de óleo por hectare.

4.6. Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativo as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Incidência e severidade ao *huanlongbing* (HLB)

Na avaliação do segundo semestre de 2018, o genótipo Woglum apresentou a menor incidência (25 %) de HLB (Tabela 1). No primeiro semestre de 2019, todos os genótipos apresentaram 100% de incidência de HLB. Segundo Bassanezi et al. (2019) não há genótipos de citros resistentes ao HLB. Bové (2006) e Yamamoto et. al. (2015) afirmam que a doença apresenta período de incubação assíncrono, sendo assim, há no campo plantas infectadas, porém assintomáticas para HLB, causando o rápido aumento na incidência em poucos meses.

Tabela 1. Incidência e severidade do HLB em plantas de seis genótipos de limão no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019).

Genótipo	Incidência (%)	Incidência (%)	Severidade (%)	Severidade (%)
	2º semestre de 2018	1º semestre de 2019	2º semestre de 2018	1º semestre de 2019
São Matheus	100,0 aA	100,0 aA	50,00 bA	65,00 aA
Eureka	100,0 aA	100,0 aA	61,25 aA	67,50 aA
Woglum	25,00 bB	100,0 aA	10,00 bB	36,25 aB
Mayer	75,00 aA	100,0 aA	37,50 bAB	58,75 aAB
Laranjado	100,0 aA	100,0 aA	65,00 bA	80,00 aA
Saisons Variegado	100,0 aA	100,0 aA	57,50 bA	67,50 aA
C.V. (%)	36,33	-	41,23	25,24

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

Houve aumento da severidade do HLB nas plantas do segundo semestre de 2018 para o primeiro semestre de 2019 nos genótipos, com exceção do Eureka (Tabela 1). O genótipo Woglum apresentou, nas condições edafoclimáticas estudadas, menor severidade ao HLB nas duas avaliações, em relação aos genótipos São Matheus, Eureka, Laranjado e Saisons Variegado (Tabela 1). Segundo Rodrigues (2018) a severidade da doença é variável dentro das espécies cítricas, a bactéria induz respostas diferentes em diferentes genótipos de citros e gêneros afins.

Eles foram divididos em sensíveis, como laranjas (*Citrus sinensis*) e clementina (*C. clementina* Hort. ex. Tan.) Moderadamente tolerantes estão a tangerina Cleópatra (*C. reshni* Hort. ex. Tan.), citrumelo Swingle (*Poncirus trifoliata* L. Raf. x *C. paradisi*) e lima ácida Tahiti [*C. latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] Christm.). O limão (*Citrus limon*), juntamente com lima da Pérsia (*C. limettioides* Tanaka) e citrange Carrizo (*C. sinensis* x *P. trifoliata*) são considerados tolerantes à doença, podendo apresentar diferentes níveis de tolerância de acordo com o genótipo, porta enxerto e ambiente em que se encontra (MACHADO, 2010).

Machado et. al. (2010) afirma que a menor severidade de alguns genótipos pode estar ligada à ativação de mecanismos de defesa do hospedeiro que implicam à menor taxa de infecção, à multiplicação mais lenta da bactéria e à redução na concentração bacteriana, reduzindo os sintomas e atrasando o avanço da doença na planta. Os resultados do presente trabalho sugerem maior tolerância do genótipo Woglum à presença da bactéria, em relação a todos os genótipos, podendo ser interessante aprofundar os estudos para entender quais mecanismos de tolerância ao HLB estão sendo ativados.

5.2. Análises físico-químicas dos frutos

A massa dos frutos colhidos no segundo semestre de 2018 não diferiu estatisticamente da massa dos frutos colhidos no primeiro semestre de 2019, com exceção dos genótipos São Matheus e Mayer que apresentaram frutos de menor massa na segunda avaliação (Tabela 2). O genótipo Mayer apresentou frutos menores, em relação aos demais genótipos em ambas as avaliações com massa média de 183,87g para frutos colhidos em 2018 e 153,67g para frutos colhidos em 2019. Ferreira et. al. (2018) avaliaram os mesmos materiais no ano de 2017 e, os autores observaram para o genótipo Mayer, massa média de 228,66g, cerca de 50% a mais de massa se comparado ao fruto colhido em 2019. A perda considerável de massa nos frutos do genótipo Mayer pode estar associada às duas florações anuais do limão, uma vez que em 2018 a florada foi menor, sendo assim, haviam menos frutos por ramo, os quais puderam crescer mais se comparados aos frutos da colheita de 2019, onde a florada foi cheia. Outra associação pode ser feita com a incidência do HLB e severidade da doença na planta, segundo Silva, Pereira e Rocha (2020) e Belasque et. al (2009), a planta doente apresenta, entre outros sintomas, frutos de menor diâmetro e menor massa.

O índice de conformação dos frutos (IC) não diferiu significativamente entre os frutos colhidos no segundo semestre de 2018 e no primeiro semestre de 2019, em todos os genótipos (Tabela 2). O formato do fruto do genótipo São Matheus foi achatado ($IC < 1,0$) no segundo semestre de 2018, e esférico ($IC = 1,0$) no primeiro semestre de 2019. Os genótipos Eureka, Woglum, Mayer, Laranjado e Saisons variegado apresentaram frutos mais alongados em ambas as épocas de colheita. Segundo Ferreira et. al. (2018), frutos alongados são comuns no limão (*Citrus limon*). Essa é uma característica procurada para frutos de mesa, uma vez que atende às exigências do consumidor. Frutos mais arredondados é uma característica genética procurada em materiais para a indústria, uma vez que o maquinário industrial da atualidade é produzido, principalmente, para o processamento de laranjas, que apresentam em sua maioria, frutos redondos. Materiais que apresentam mesmo aspecto que as laranjas podem ser mais bem aproveitados no processamento.

Tabela 2. Valores médios de massa e índice de conformação dos frutos (altura/diâmetro) – IC de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).

Genótipo	Massa (g)	Massa (g)	IC	IC
	2º sem. 2018	1º sem. 2019	2º sem. 2018	1º sem. 2019
São Matheus	256,9 aA	194,17 bB	0,98 aE	1,00 aC
Eureka	206,67 aB	238,67 aA	1,21 aBC	1,16 aABC
Woglum	239,33 aAB	215,67 aAB	1,32 aA	1,26 aAB
Mayer	183,87 aC	153,67 bC	1,08 aD	1,10 aBC
Laranjado	217,00 aAB	202,83 aB	1,26 aB	1,29 aA
Saisons Variegado	228,77 aAB	203,50 aB	1,19 aC	1,31 aA
C.V. (%)	6,91	5,03	1,79	5,28

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

Os genótipos Mayer e Saison variegado apresentaram maior rendimento nos frutos colhidos no segundo semestre de 2018 se comparados a 2019, enquanto o genótipo Eureka apresentou maior rendimento nos frutos colhidos no primeiro

semestre de 2019 se comparado a 2018 (Tabela 3). Os demais genótipos não apresentaram diferença significativa entre as épocas de colheita. O genótipo São Matheus apresentou maior rendimento de suco no primeiro semestre de 2019, média de 51,86% de suco em relação à massa total do fruto. Ferreira et. al. (2018) constatou valores equivalentes de rendimento de suco para outros genótipos de limão (*Citrus limon*). Almeida e Souza (2019) encontraram valores próximos para limão cravo (47%) e para laranjas e tangerinas (50%).

Os resultados de rendimento de suco obtidos neste estudo, para todos os genótipos e, em ambas as épocas de avaliações, encontram-se na faixa aceitável tanto para o mercado interno (indústria), quanto para exportação (*in natura*). Segundo Koller (1994) os valores de rendimento do fruto precisam apresentar valores mínimos de 40% para a utilização industrial e 35% para o consumo *in natura*.

Não houve diferença significativa no teor de vitamina C entre frutos colhidos no segundo semestre de 2018 e o primeiro semestre de 2019 para nenhum genótipo. O genótipo Eureka apresentou maior teor de vitamina C em ambas avaliações, 39,7 e 39,94 mg/ 100 ml⁻¹, respectivamente e, o genótipo Woglum apresentou, menor teor de vitamina C, 19,21 mg/ 100 ml⁻¹ em ambas avaliações, se comparados aos demais genótipos. Segundo Medeiros (2019), os limões e limas ácidas apresentam menor teor de vitamina C que outras espécies cítricas. Couto e Brazaca (2010) constataram que o teor de vitamina C pode variar de acordo com a espécie, no estudo os autores observaram que o limão Galego apresentou teor de vitamina C equivalente ao encontrado para o genótipo Eureka, no entanto a Laranja Pêra expressou três vezes mais vitamina C que ambos.

O consumo de vitamina C é essencial à saúde humana, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda para homens adultos a ingestão de 90 mg e para mulheres adultas 75 mg da substância por dia. Levando em conta o rendimento de suco, massa média dos frutos, teor de vitamina C de cada genótipo e considerando a densidade do suco 1,04 kg/m³, valor encontrado para suco de laranja por Freitas (1995) e Corrêa Neto (1998), pode-se admitir, com exceção do genótipo Woglum, que o suco de quatro a cinco frutos de qualquer material, colhidos tanto no segundo semestre de 2018, quanto no primeiro semestre de 2019, atendem as necessidades diárias de vitamina C de homens e mulheres. Para o material Woglum é necessário o suco de cinco a seis frutos, uma vez que apresenta baixa concentração de vitamina C.

Tabela 3. Rendimento de suco e teor de vitamina C de frutos de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).

Genótipo	Rendimento	Rendimento	Vitamina C (mg	Vitamina C (mg
	de suco (%)	de suco (%)	100 ml ⁻¹)	100 ml ⁻¹)
	2º sem. 2018	1º sem. 2019	2º sem. 2018	1º sem. 2019
São Matheus	49,53 aA	51,86 aA	26,69 aD	26,82 aC
Eureka	38,26 bB	46,70 aB	39,70 aA	39,94 aA
Woglum	42,33 aAB	45,10 aB	19,21 aE	19,21 aD
Mayer	42,20 aA	39,00 bC	30,11 aC	29,82 aBC
Laranjado	46,76 aAB	43,46 aBC	33,84 aB	33,90 aBC
Saisons Variegado	45,90 aAB	38,80 bC	36,80 aB	36,22 aAB
C.V. (%)	8,15	22,77	31,29	10,28

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

Na análise de sólidos solúveis totais (°Brix), os genótipos São Matheus e Eureka não apresentaram diferença significativa entre as avaliações do segundo semestre de 2018 e o primeiro de 2019 (Tabela 4). Os genótipos Woglum, Mayer, Laranjado e Saison variegado apresentaram maior teor de sólidos solúveis na avaliação feita no segundo semestre de 2018.

Na avaliação da acidez, os genótipos não apresentaram diferença significativa entre as duas épocas de avaliação, com exceção do Laranjado, que apresentou maior porcentagem de acidez na avaliação realizada no segundo semestre de 2018, se comparado à realizada no primeiro semestre de 2019 (Tabela 4). O genótipo Laranjado apresentou maior *ratio* na avaliação realizada no segundo primeiro semestre de 2019, se comparado à realizada no segundo semestre de 2018. Não houve diferença significativa nos valores de *ratio* entre as épocas, para os demais genótipos (Tabela 4).

Tabela 4. Sólidos solúveis totais, acidez e *Ratio* de frutos de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).

Genótipo	Sólidos	Sólidos	Acidez	Acidez	<i>Ratio</i>	<i>Ratio</i>
	solúveis totais	solúveis totais	(%)	(%)	2º sem.	1º sem.
	(°Brix)	(°Brix)	2º sem.	1º sem.	2018	2019
	2º sem. 2018	1º sem. 2019	2018	2019		
São Matheus	7,53 aA	7,13 aAB	5,49 aAB	5,14 aAB	1,36 aBC	1,40 aBC
Eureka	7,36 aAB	7,36 aA	5,41 aAB	5,40 aA	1,40 aAB	1,36 aC
Woglum	7,10 aB	6,76 bB	4,86 aB	4,74 aB	1,43 aAB	1,43 aB
Mayer	7,23 aAB	6,66 bB	4,82 aB	4,51 aB	1,46 aA	1,50 aA
Laranjado	7,33 aAB	6,80 bAB	5,60 aA	4,63 bB	1,30 bC	1,50 aA
S. Variegado	7,50 aA	7,16 bAB	5,66 aA	5,36 aA	1,30 aC	1,33 aC
C.V. (%)	7,89	7,36	4,52	10,12	23,23	5,24

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

5.3. Desenvolvimento vegetativo e produtividade

Os genótipos Eureka, Mayer, Laranjado e Saisons variegado apresentaram maior volume de copa, em relação aos genótipos São Matheus e Woglum (Tabela 5). Todos os genótipos produziram mais no primeiro semestre de 2019 se comparado ao segundo semestre de 2018 (Tabela 5). A colheita do segundo semestre do ano é considerada fora de época, uma vez que apresenta menor quantidade de flores e, conseqüentemente, menor quantidade de frutos, se comparada à colheita do primeiro semestre. Segundo Pompeu Jr, Salva e Blumer (2004), esta característica de produzir duas floradas no ano vem perdendo sua importância pelo surgimento de variedades precoces e de meia estação, no entanto o limão (*Citrus limon*) apresenta boa colheita fora de época, sendo de grande interesse o estudo de genótipos que possam produzir viavelmente o ano todo.

O genótipo Eureka apresentou maior produção por planta na colheita do primeiro semestre de 2019 (100,83 kg planta⁻¹) (Tabela 5). O genótipo Woglum apresentou menor produção por planta na colheita de 2019, em relação aos genótipos Eureka, Laranjado e Saisons variegado. Segundo Costa (2019), plantas de porte

pequeno, apesar da baixa produção por planta se comparadas a plantas de porte alto, vêm sendo implantadas em todo território citrícola brasileiro visando aumentar o adensamento, conseqüentemente aumentar a produtividade, diminuir os custos de produção, como podas, colheitas, aplicações e diminuir o tempo de *payback* de implantação.

Tabela 5. Volume de copa e produção por planta de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).

Genótipo	Volume de copa	Produção por planta	Produção por planta
	(m ³)	(kg planta ⁻¹)	(kg planta ⁻¹)
	1º sem. 2019	2º sem. 2018	1º sem. 2019
São Matheus	2,44 B	7,05 bA	42,16 aBC
Eureka	13,87 A	26,25 bA	100,83 aA
Woglum	2,59 B	17,14 bA	27,65 aC
Mayer	6,45 A	20,64 bA	39,51 aBC
Laranjado	13,17 A	5,67 bA	65,81 aB
Saisons Variegado	14,05 A	8,95 bA	62,08 aB
C.V. (%)	17,04	52,19	20,97

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

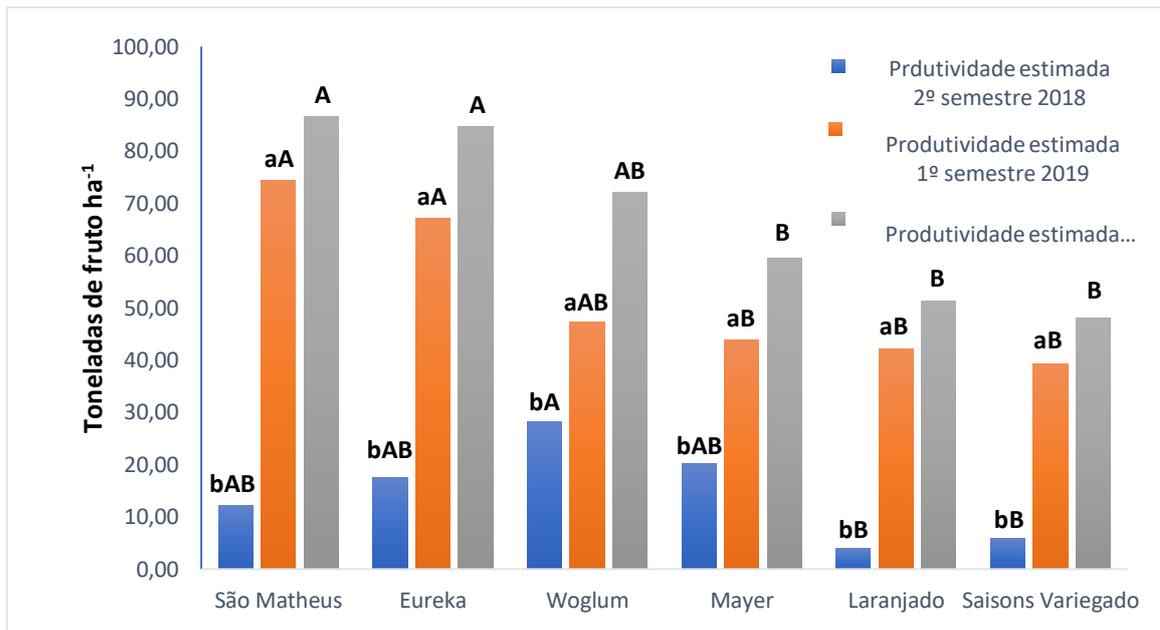
A eficiência produtiva (kg m³ de copa⁻¹) foi menor na colheita do segundo semestre de 2018, se comparada ao primeiro semestre de 2019, para todos os genótipos. O genótipo São Matheus apresentou maior eficiência produtiva no primeiro semestre de 2019, se comparados aos demais genótipos (Tabela 6). Segundo Pompeu Jr. e Blumer (2009), a eficiência produtiva é um dos parâmetros característicos de plantas de pequeno porte. Plantas com baixo porte permitem inspeções e controle de pragas e doenças com maior eficiência, o que resulta na redução do uso de defensivos e, em menores impactos ambientais. Genótipos de pequeno porte ainda, possuem vantagens, principalmente contra ao HLB. Segundo Bové (2006), o manejo correto do HLB implica em eliminar plantas sintomáticas, sendo assim, eliminar uma planta de pequeno porte impactará menos a produção total se comparadas a uma de grande porte.

Tabela 6. Eficiência produtiva de seis genótipos de limão no segundo semestre de 2018 e primeiro de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).

Genótipo	Eficiência produtiva	Eficiência produtiva (kg m ³
	(kg m ³ de copa ⁻¹)	de copa ⁻¹)
	2º sem. 2018	1º sem. 2019
São Matheus	3,04 bAB	18,64 aA
Eureka	1,87 bAB	7,22 aB
Woglum	7,04 bA	10,07 aB
Mayer	3,13 bAB	6,25 aB
Laranjado	0,58 bB	4,92 aB
Saisons Variegado	0,41 bB	4,43 aB
C.V. (%)	70,69	55,12

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

Todos os genótipos apresentaram maior valor de produtividade estimada no primeiro semestre de 2019, se comparado ao segundo semestre de 2018 (Figura 5). Na colheita do segundo semestre de 2018, a cultivar Woglum apresentou maior produtividade (28,31 t ha⁻¹) em relação aos genótipos Laranjado e Saisons Variegado (Figura 5). Os genótipos São Matheus e Eureka, apresentaram maiores valores de produtividade, 86,64 e 87,72 t ha⁻¹, respectivamente, em relação aos genótipos Mayer, Laranjado e Saisons Variegado, no primeiro semestre de 2019. Apesar da menor produção por planta do genótipo São Matheus, em relação ao Eureka, no segundo semestre de 2019, a produtividade estimada por hectare é igual. O genótipo São Matheus possibilita adensamento, devido seu baixo volume de copa, igualando sua produtividade estimada a um genótipo com maior produção por planta, como o Eureka. Atualmente o setor de melhoramento genético de citros vêm procurando por genótipos copa e porta-enxertos com características ananizantes, sendo assim trabalhos poderão ser realizados com os genótipos São Matheus e Woglum, que demonstraram porte baixo e boas características vegetativas e produtivas.



Médias seguidas de mesma letra, maiúscula para os genótipos e minúscula para as épocas de colheita, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

Figura 5. Produtividade estimada por semestre e anual de seis genótipos de limão no segundo semestre de 2018 e primeiro de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/ 2019).

5.4. Porcentagem de casca, rendimento e produtividade de óleo essencial

A porcentagem de casca não diferiu significativamente entre os frutos colhidos no segundo semestre de 2018 e os colhidos no primeiro semestre de 2019 para todos os genótipos (Tabela 7). A porcentagem média de casca entre os genótipos foi de 22,72% tanto em 2018, quanto em 2019. Apesar da porcentagem de casca não diferir entre as colheitas, para todos os genótipos avaliados, o rendimento de óleo essencial foi maior nos frutos colhidos no primeiro semestre de 2019 (verão/ outono) se comparados aos colhidos no segundo semestre de 2018 (inverno/ primavera) (Tabela 7). O genótipo Eureka apresentou maior rendimento de óleo, em relação aos demais genótipos no segundo semestre de 2018 (0,23 ml de óleo 100g de casca⁻¹) e, o genótipo Mayer apresentou rendimento zero na mesma safra. No primeiro semestre de 2019, os genótipos Laranjado e Saisons variegado apresentaram maior rendimento em relação aos demais genótipos, 0,57 e 0,68 ml de óleo 100g de casca⁻¹, respectivamente.

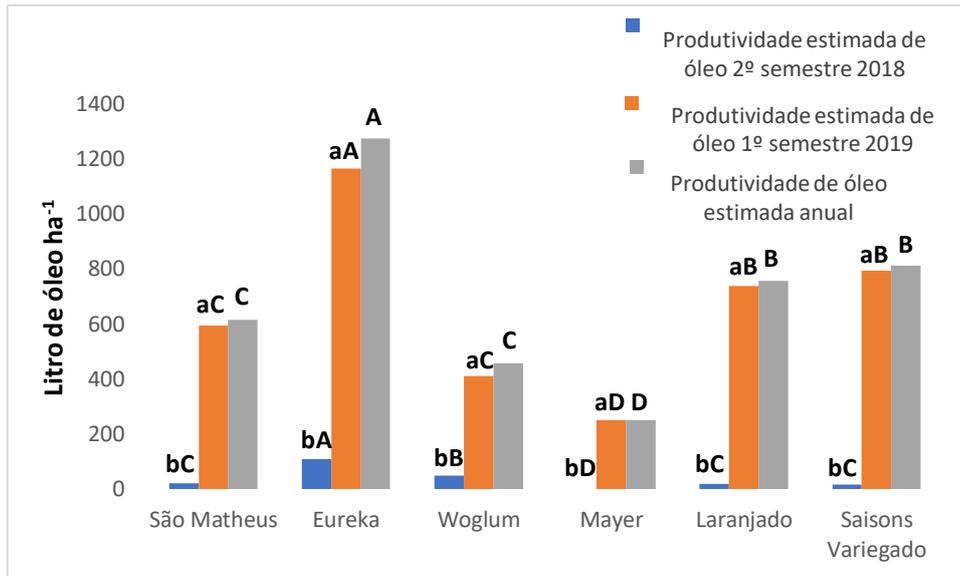
Tabela 7. Porcentagem de casca (PC) e rendimento de óleo essencial (RO) de frutos de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019).

Genótipo	PC (%)		RO (ml de óleo 100g de casca ⁻¹)	
	2º sem. 2018	1º sem. 2019	2º sem. 2018	1º sem. 2019
São Matheus	23,29 aA	23,80 aA	0,07 bB	0,29 aC
Eureka	26,49 aA	25,27 aA	0,23 bA	0,54 aB
Woglum	16,05 aB	17,16 aB	0,10 bB	0,32 aC
Mayer	20,86 aAB	20,60 aAB	0,0 bB	0,20 aC
Laranjado	24,16 aA	25,32 aA	0,20 bB	0,57 aA
S. Variegado	25,50 aA	24,20 aA	0,11 bB	0,68 aA
C.V. (%)	16,74	14,19	70,78	43,63

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

Segundo Palozzolo et al. (2013), a qualidade e quantidade dos óleos essenciais da casca de frutos cítricos dependem de muitos fatores, tais como o genótipo, porta-enxerto, condições edafoclimáticas, época de colheita do fruto, adubação e o método de extração. Teixeira et al. (2014) observou maior teor de óleo essencial em genótipos de limão amostrados na colheita do verão se comparados aos amostrados na colheita do inverno no Brasil. Van der Merwe (2005) citado por Crescimanno et al. (1988) observaram o mesmo padrão para diversos genótipos de limão na Itália.

A produtividade de óleo essencial por hectare foi maior no primeiro semestre de 2019 em relação ao segundo semestre de 2018 para todos os genótipos (Figura 6). O genótipo Eureka apresentou em ambas as avaliações maior produtividade de óleo por hectare, se comparado aos demais genótipos, 108,93 L ha⁻¹ em 2018 e 1165,01 L ha⁻¹ no ano de 2019, totalizando também a maior produtividade de óleo por hectare por ano, 1273,94 L ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 6).



Médias seguidas de mesma letra, maiúscula para os genótipos e minúscula para as épocas de colheita, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

Figura 6. Produtividade de óleo semestral e anual de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019).

Quando calculado a porcentagem massa/volume de óleo da produtividade anual dos genótipos (Tabela 8), os materiais Eureka, Laranjado e Saison variegado apresentaram os maiores valores. Teixeira et al. (2013), avaliaram quinze genótipos de limão (*Citrus limon*), onde foi constatado que o rendimento de óleo essencial da casca, em frutos maduros, variou de 0,27 a 1,03%. Van der Marwe (2005) coloca que a média mundial de produção de óleo do limão varia de 0,55 a 0,75%, sendo assim, os genótipos Eureka, Laranjado e Saison variegado mostraram grande aptidão à produção de óleo essencial, sendo indispensável estudos posteriores.

Tabela 8. Porcentagem de óleo (PO) de seis genótipos de limão colhidos no segundo semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019 (Cordeirópolis/SP, 2018/2019).

Genótipo	PO (%) 2018/2019
São Matheus	0,709 B
Eureka	1,504 A
Woglum	0,635 B
Mayer	0,423 C
Laranjado	1,477A
S. Variegado	1,688 A
C.V. (%)	50,61

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5 %).

Nos parâmetros estudados, o genótipo Eureka se destacou. Segundo Ferreira et al. (2018), juntamente com o Siciliano, o genótipo Eureka é considerado o mais importante no país, no entanto, apresentou alta susceptibilidade ao HLB e porte de copa elevado. O genótipo Woglum, até o momento do estudo, apresentou baixa severidade de HLB e porte de copa baixo, sendo assim, estudos futuros podem ser focados em genótipos híbridos de Eureka e Woglum, visando alta produtividade, copa de porte baixo para plantio adensado e maior tolerância ao HLB.

6. CONCLUSÕES

Dos genótipos, o Eureka apresenta maior rendimento de óleo ($L\ ha^{-1}$), porém este genótipo está entre os mais suscetíveis ao HLB. O genótipo Woglum apresentou até o momento menor severidade ao HLB, no entanto menor rendimento de óleo comparado ao Eureka.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. C. et. al. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. **Nutri Time** Vol. 17, Nº 01, jan/fev de 2020.

ALMEIDA, F. S. de Souza; SOUZA, L. S. Análise da qualidade físico-química de frutos lima ácida 'Tahiti'(Citrus latifolia Tanaka) em combinação com diferentes portaenxerto em Capitão Poço - Pa. **Dissertação (Bacharel em Agronomia)** – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2019.

ALVES, F. de L. Rendimento e características físico-químicas do óleo essencial de limão (Citrus limon (L.) Burm). **Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de concentração: Horticultura)** – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 1986.

BAKALLI, F et al. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 02, 446-475, 2008.

BASSANEZI, R. B. et al. Epidemiologia do Huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 1, p. 11-23, 2019.

BELASQUE JUNIOR, J. et al. Controle do Huanglongbing no estado de São Paulo. **Brasil, Citrus Research & Technology**, v. 31, p. 53-64, 2010.

BELASQUE JUNIOR, J. et al. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 137-145, 2009.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.

BOVÉ, J. M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of plant pathology**, p. 7-37, 2006.

CAMPELO, L. M. L. et al. Constituintes químicos e estudos toxicológicos do óleo essencial extraído das folhas de Citrus limon Burn (Rutaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 708-716, 2013.

CARVALHAL, V. H. B. P. et al. Avaliação do potencial alelopático do limão siciliano e citronela sobre sementes de lactuca sativa (l.). **ANALECTA-Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora**, v. 5, n. 5, 2019.

CORRÊA NETO R. S. Processamento de suco de laranja pasteurizado em garrafas de polietileno tereftalado (PET) **Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos, Área de concentração: Tecnologia de alimentos)** – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1998.

COSTA, D. P. et al. Porta-enxertos híbridos de citros com potencial ananicante e semiananicante para laranja doce Valência em cultivo de sequeiro. **Programa De Pós-Graduação Em Genética E Biologia Molecular**, Universidade Estadual De Santa Cruz p. 54, 2019.

DE NEGRI, J.D., STUCHI, E.S., BLASCO, E.E.A. Planejamento e implantação do pomar cítrico. *In*: Mattos Jr., D., De Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Jr., J. (Org.) (Eds.), **Citros**. Instituto Agrônomo/FUNDAG, Campinas, pp. 411–427, 2005.

COUTO, M. A. L.; BRAZACA, S. G. C. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**., Campinas, v. 30, supl. 1, p. 15-19, May 2010.

DIAS, A. L. B. et al. Chemical composition and in vitro inhibitory effects of essential oils from fruit peel of three Citrus species and limonene on mycelial growth of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Brazilian Journal of Biology**, n. AHEAD, 2019.

FERREIRA, R. V. et al. Desenvolvimento vegetativo e características físico-químicas dos frutos de quatorze genótipos de limão. **Citrus Research & Technology**, v. 39, p. 1-9, 2018.

FIGUEIREDO, J. O. et al. Comportamento de catorze porta-enxertos para o limão eureka km 47 na região de Araraquara-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 73-76, 2005.

FREIRE, I. C. M. Atividade antibacteriana de Óleos Essenciais sobre *Streptococcus mutans* e *Staphylococcus aureus*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 16, n. 2, 372-377, 2014.

GOMES, P. R. B. Avaliação da atividade larvicida do óleo essencial do *Zingiber officinale* Roscoe (gengibre) frente ao mosquito *Aedes aegypti*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, n. 2, 597-604, 2016.

HOEHNE, L.; MARMITT, L. G. Métodos para a determinação de vitamina c em diferentes amostras. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 11, n. 4, 2020.

FREITAS I. C. Estudo da clarificação do suco de laranja por ultrafiltração. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos, Área de concentração: Engenharia de alimentos)** – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1995.

KOLLER, O. C. **Citricultura: limão e tangerina**. Porto Alegre, Editora Rígel 446p., 1994.

KUBIÇA, T. F. Atividade in vitro de plantas condimentares (*Rosmarinus officinalis* L., *Lippia graveolens* HBK e *Thymus vulgaris* L.) contra o calicivírus felino. **Revista de Ciências Farmacêuticas, Básica e Aplicada**, p. 117-122, 2015.

LIMA, C. B. Plant extracts and essential oils on the control of *Alternaria alternata*, *Alternaria dauci* and on the germination and emergence of carrot seed (*Daucus carota* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 5, p. 764-770, 2016.

LOPES, S. A. et al. Liberibacters associated with citrus Huanglongbing in Brazil: 'Candidatus Liberibacter asiaticus' is heat tolerant, 'Ca. L. americanus' is heat sensitive. **Plant Disease**, v. 93, n. 3, p. 257-262, 2009.

LUCENA, H. H. et al. Uso de cera na conservação pós-colheita do limão verdadeiro (*Citrus x limon* (L.) Burm. f.). **Revista Verde (Mossoró-RN)**, v. 7, n. 4, p. 170-174, 2012.

MACHADO, M. A.; FABRIS, E. C. L.; FILHO, H. D. C. Candidatus Liberibacter spp., citrus Huanglongbing agents. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2010.

MAIA, N.B. **Destilação de amostras analisadas. In Óleos essenciais de plantas cítricas.** Maia, N.B Editor. Editora Setembro, Holambra, SP, p.57-60, 2014.

MENDEL, K. Rootstock-scion relationships in Shamouti trees on light soil. **Ktavim**, Rehovot, v.6, p.35-60, 1956.

PALAZZOLO, E. et al. Current and potential use of citrus essential oils. **Current Organic Chemistry**, v. 17, n. 24, p. 3042-3049, 2013.

POMPEU JUNIOR, J.; SALVA, R.; BLUMER, S. Copas e porta-enxertos nos viveiros de mudas cítricas do Estado de São Paulo. **Laranja, Cordeirópolis**, v. 25, n. 2, p. 413-422, 2004.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para a laranjeira 'Valência'. **Pesq. agropec.** Brasília, GO, v. 44, n. 7, p. 701-705, July 2009.

TEIXEIRA, J. P. F. Composição química de óleos essenciais de quinze genótipos de limão em duas épocas de colheita. **Citrus Research & Technology, Cordeirópolis**, v.34, n.2, p.65-74, 2013.

TEIXEIRA, J. P. F. et al. Caracterização dos óleos essenciais em frutos de nove genótipos de tangerina. **Citrus Research & Technology**, v. 35, n. 1, p. 1-10, 2014.

VAN DER MERWE H. E. Fatores que afetam o conteúdo do óleo de rind do limão [Limão cítrico(L) Bunn.C.] **Dissertação (Mestrado em Ciências em Agricultura, Área de concentração: Fruticultura)** - Universidade de Stellenbosch, África do Sul, 2005

VIDAL M. F. (Ceará) (org.). **CITRICULTURA NA ÁREA DE ATUAÇÃO DO BNB.** Fortaleza: Etene, 2019.

OLIVEIRA, F. S. Ação dos óleos essenciais de citrus aurantium var. Dulcis, passiflora edulis e citrus reticulata v. Tangerine frente a bactérias patogênicas. In: **ANAIS DO III CONGRESSO NORTE MINEIRO**. p. 22, 2017.

PAIVA, P.; DUARTE, A. O Huanglongbing (HLB) no Brasil: o que se conseguiu desde 2004. **Voz do Campo**, v. 224, p. 58-59, 2019.

RIBEIRO, N. C. et al. Potencial inseticida dos óleos essenciais de citrus e manga e constituintes selecionados sobre mosca branca. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 90-99, 2020.

RODRIGUES, J. D. B. Desempenho horticultural e tolerância ao huanglongbing de combinações de laranja 'valência' enxertada em diferentes porta-enxertos. **Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de concentração: Genética e melhoramento de plantas)** – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2018.

SILVA, B. M.; PEREIRA, J. M.; ROCHA, L. C. D. Nível de infestação de Diaphorina citri no Município de Inconfidentes, Minas Gerais. **Citrus Research & Technology**, v. 40, p. 1-10, 2020.

SILVA, P. R.; FRANCISCO, V. L. F. S.; BAPTISTELLA, C. S. L. Caracterização da cultura do limão no Estado de São Paulo, 2001-2007, **Informações Econômicas SP**, v.38, n.7, jul. 2008.

SOUZA, L. O. Validação de método analítico por cg/dic para análise de limoneno em óleo essencial de citrus sp. **Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2013.

YAMAMOTO, Pedro Takao et al. Manejo e controle do huanglongbing (HLB) dos cítricos. **Investigación Agraria**, v. 16, n. 2, p. 69-82, 2015.