

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de
16/06/2025

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until
June 16, 2025

PATRÍCIA GRAOSQUE ULGUIM ZÜGE

**FENOLOGIA REPRODUTIVA, ESTADO NUTRICIONAL, MATURAÇÃO E
COMPOSTOS BIOATIVOS DE LICHIEIRA**

Botucatu

2023

PATRÍCIA GRAOSQUE ULGUIM ZÜGE

**FENOLOGIA REPRODUTIVA, ESTADO NUTRICIONAL, MATURAÇÃO E
COMPOSTOS BIOATIVOS DE LICHIEIRA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia - Horticultura.

Orientadora: Profa. Dra. Sarita Leonel

Botucatu

2023

Z94f

Züge, Patrícia Graosque Ulguim

Fenologia reprodutiva, estado nutricional, maturação e compostos bioativos de lichieira / Patrícia Graosque Ulguim
Züge. -- Botucatu, 2023

124 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Sarita Leonel

1. Fenologia reprodutiva. 2. Maturação de lichia 'Bengal'. 3.
Estado nutricional de lichieira 'Bengal'. 4. Óleo essencial de
Litchi chinensis. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:


FENOLOGIA REPRODUTIVA, ESTADO NUTRICIONAL, MATURAÇÃO E COMPOSTOS BIOATIVOS DE LICHIEIRA

AUTORA: PATRÍCIA GRAOSQUE ULGUIM ZÜGE
ORIENTADORA: SARITA LEONEL


Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Horticultura), pela Comissão Examinadora:


Prof.ª Dr.ª SARITA LEONEL (Participação Presencial)
Producao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu UNESP


Prof. Dr. JACKSON MIRELLYS AZEVEDO SOUZA (Participação Virtual)
Agronomia / Universidade Federal de Viçosa


Prof. Dr. LUCIANO PICOLOTTO (Participação Virtual)
Coordenadoria Especial de Ciências Biológicas e Agrônômicas / Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. Dr. FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM (Participação Presencial)
Producao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu


Prof. Dr. GEAN CHARLES MONTEIRO (Participação Presencial)
Pós-Doutorando - Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Botucatu, 16 de junho de 2023.

Ao Diomerson e todos os que me apoiaram,

dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido Diomerson pelo apoio em todas as minhas decisões, pela paciência e companheirismo e principalmente por estar sempre comigo, mesmo a mais de 1500 km de distância.

A minha orientadora Profa. Dra. Sarita Leonel, paciência, ensinamentos, amizade e confiança.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Agronomia – Horticultura pelos ensinamentos.

Aos colaboradores da Fazenda Experimental de São Manuel, Wesley, Daniel, Valdemir e Willian sou muito grata por toda ajuda na condução dos pomares. Também aos residentes Marcelo e Rafael.

A Professores do CERAT pelo empréstimo de equipamentos e laboratórios.

A Professora Marcia do IAC pelo auxílio na condução de análises.

A Sandrinha por ser sempre estar disposta a auxiliar com as demandas de materiais.

Aos todos os colaboradores da FCA/UNESP que me auxiliaram durante o período de estudos.

Aos meus colegas Rafaelly, Jorgiani, Gabriel, Hebert, Paulo Ricardo, obrigada pelo apoio sempre quando precisei.

A Catarina, Rachel, Felipe e todos os alunos que acompanharam as atividades de campo e laboratório.

A Jordany, Geãn, Rafael e Júlio pela ajuda com análises.

A minha colega de AP Jéssyca, obrigada pelo acolhimento em Botucatu e principalmente pela amizade.

Ao Charles por todo apoio e paciência.

As professoras Karine e Mayara por todos os ensinamentos e boas conversas.

A minha família por torcerem por mim e me apoiarem.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a fenologia reprodutiva com a escala Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt, and Chemische Industrie (BBCH), determinar o estágio ideal de colheita, avaliar os teores nutricionais foliares e o óleo essencial de *Litchi chinensis* Sonn. Na avaliação da fenologia reprodutiva foi utilizado a escala BBCH, também foi avaliado crescimento do fruto de 'Bengal'. O experimento foi realizado nas safras de 2019 e 2021. As avaliações foram do início da emissão de inflorescências até frutos com 100% de coloração vermelha na casca. No crescimento dos frutos, foram avaliados a partir do subestádio 702 até o 809. Foram realizadas medições dos diâmetros longitudinal e transversal dos frutos. Concluiu-se que a fase reprodutiva da lichieira 'Bengal', varia entre 99 até 119 dias e o crescimento dos frutos, transversal é linear e o longitudinal é até 88,82 mm. Na caracterização físico-química e de compostos bioativos de 'Bengal', objetivou-se realizar as avaliações em diferentes estádios de maturação, para determinação do estágio ideal para colheita. Na safra 2019 foram cinco épocas/semanas de coleta de frutos e na safra 2021 foram seis épocas referentes ao início da mudança de cor no fruto até coloração total. Concluiu-se que o período entre a antese e o ponto de colheita, pode variar de 95 até 113 dias. Objetivou-se avaliar os teores foliares de nutrientes em diferentes estádios fenológicos da lichieira 'Bengal'. Avaliou-se os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco. O delineamento foi inteiramente casualizado conduzido em parcelas subdivididas (4x3), estágio x ciclo, com 10 repetições. Os teores médios nas folhas, nas diferentes épocas de amostragem, seguiram a seguinte ordem em relação aos macronutrientes N>K>Mg>Ca>P>S e Mn>Fe>B>Zn>Cu para os micronutrientes. Objetivou-se extrair e identificar as substâncias presentes no óleo essencial de lichieira. Foram realizadas análises qualitativas e quantitativas da composição química. Foram identificados 22 compostos na folha, 18 na casca e 20 na semente. Concluiu-se que o óleo essencial de lichia (folha, casca e sementes) tem compostos com potencial para serem utilizados em diferentes seguimentos da indústria.

Palavras-chave: fenologia reprodutiva; teores nutricionais foliares; ponto de colheita; compostos bioativos; sesquiterpenos.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the reproductive phenology using the Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt, and Chemische Industrie (BBCH) scale, determine the ideal harvesting stage, evaluate the leaf nutritional content and the essential oil of *Litchi chinensis* Sonn. The BBCH scale was used to assess reproductive phenology, and 'Bengal' fruit growth was also evaluated. The experiment was carried out in the 2019 and 2021 harvests. The assessments were made from the start of inflorescence emission until the fruit had 100% red color on the skin. Fruit growth was assessed from sub-stage 702 to 809. The longitudinal and transverse diameters of the fruit were measured. It was concluded that the reproductive phase of the 'Bengal' lychee tree ranges from 99 to 119 days and that fruit growth is linear and longitudinal up to 88.82 mm. In the physicochemical and bioactive compound characterization of 'Bengal', the aim was to carry out evaluations at different stages of ripeness to determine the ideal stage for harvesting. In the 2019 harvest there were five seasons/weeks of fruit collection and in the 2021 harvest there were six seasons referring to the beginning of the color change in the fruit until full color. It was concluded that the period between anthesis and the point of harvest can vary from 95 to 113 days. The aim of this study was to evaluate the leaf nutrient content at different phenological stages of the 'Bengal' lychee tree. The levels of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulphur, boron, copper, iron, manganese and zinc were evaluated. The design was entirely randomized in subdivided plots (4x3), stage x cycle, with 10 repetitions. The average levels in the leaves at the different sampling times were in the following order for the macronutrients N>K>Mg>Ca>P>S and Mn>Fe>B>Zn>Cu for the micronutrients. The aim was to extract and identify the substances present in the essential oil of licheira. Qualitative and quantitative analyses of the chemical composition were carried out. Twenty-two compounds were identified in the leaf, 18 in the bark and 20 in the seed. It was concluded that lychee essential oil (leaf, bark and seeds) contains compounds with the potential to be used in different sectors of industry.

Keywords: reproductive phenology; leaf nutritional content; harvest point; bioactive compounds; sesquiterpenes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1 – Fenologia reprodutiva e crescimento dos frutos de lichieira em condição subtropical

- Figura 1 - Dados climáticos do pomar de lichieira 'Bengal', no período de avaliação da fenologia reprodutiva. São Manuel-SP, Brasil.....31
- Figura 2 - Balanço hídrico do pomar de lichieira 'Bengal'. São Manuel-SP, Brasil....32
- Figura 3 - Principais estádios da fenologia reprodutiva de lichieira 'Bengal'.....39
- Figura 4 - Diâmetro longitudinal e transversal no desenvolvimento do fruto de lichieira 'Bengal'.....40

Capítulo 2 – Maturação e compostos bioativos de lichia 'Bengal' cultivada em clima mesotérmico no Brasil

- Figura 1 - Plantas adultas de lichieira 'Bengal' utilizadas no experimento. São Manuel-SP.....49
- Figura 2 - Coloração da casca de lichia 'Bengal' ao longo das semanas de avaliação.....49
- Figura 3 - Dados climáticos do pomar de lichieira 'Bengal', no período de realização do experimento. São Manuel-SP, Brasil.....50
- Figura 4 - Balanço hídrico do pomar de lichieira 'Bengal'. São Manuel-SP, Brasil....51
- Figura 5 - Diâmetro longitudinal e transversal do frutos safra 2019 (A) Diâmetro longitudinal e transversal do frutos safra 2021.....58
- Figura 6 - Massa do fruto safra 2019 (A) e massa do fruto safra 2021 (B) de lichia 'Bengal'.....59
- Figura 7 - Rendimento de polpa safra 2019 (A) e rendimento de polpa safra 2021 (B) de lichia 'Bengal'.....60
- Figura 8 - Textura da casca de lichia 'Bengal', compressão fruto safra 2019 (A), compressão fruto safra 2021 (B), perfuração casca safra 2019 (C) e perfuração casca safra 2021 (D).....61
- Figura 9 - Parâmetros de coloração da casca de lichia 'Bengal'. Luminosidade safra 2021 (A), coordenada a^* safra 2019 (B) e coordenada a^* safra 2021 (C).....63

Figura 10 - Parâmetros de coloração da casca de lichia 'Bengal'. Cromo da casca safra 2019 (A) e safra 2021 (B).....	65
Figura 11 - Parâmetros de coloração da casca de lichia 'Bengal'. Ângulo Hue da casca safra 2019 (A) e Ângulo Hue da casca safra 2021 (B).....	66
Figura 12 - pH safra 2019 (A) e pH safra 2021 (B) do fruto de lichia 'Bengal'.....	67
Figura 13 - Sólidos solúveis safra 2019 do fruto de lichia 'Bengal'.....	13
Figura 14 - Acidez titulável safra 2019 (A) e acidez titulável safra 2021 (B) do fruto de lichia 'Bengal'.....	69
Figura 15 - Índice de maturação safra 2019 (A) e índice de maturação safra 2021 (B) do fruto de lichia 'Bengal'.....	70
Figura 16 - Ácido ascórbico safra 2019 (A) e ácido ascórbico safra 2021 (B) do fruto de lichia 'Bengal'.....	71
Figura 17 - Açúcares redutores safra 2019 (A) e açúcares redutores safra 2021 (B)...	72
Figura 18 - Açúcares totais safra 2019 (A) e açúcares totais safra 2021 (B).....	73
Figura 19 - Compostos bioativos de lichia 'Bengal' Safra2021/2022. Capacidade antioxidante na casca e na polpa, método DPPH (A), capacidade antioxidante na casca e polpa, método FRAP (B).....	74
Figura 20 - Compostos bioativos de polpa de lichia 'Bengal' Safra2021/2022. Compostos fenólicos totais na casca e polpa (A), flavonoides na polpa (B) e flavonoides na casca (C).....	75
Figura 21 - Análise de componentes principais dos descritores fisiológicos da maturação da lichia 'Bengal' realizada na safra 2021. A: PCA gráfico individual. B: PCA gráfico com as principais variáveis.....	77
Figura 22 - Correlação entre os descritores fisiológicos de maturação de lichia 'Bengal'.....	78

Capítulo 3 – Teores nutricionais foliares de lichieira em diferentes estádios fenológicos

Figura 1 - Dados climáticos do pomar de lichieira 'Bengal', no período de realização do experimento com indicação dos períodos de coleta das folhas para análise nutricional. São Manuel-SP, Brasil.....	90
Figura 2 - Balanço hídrico do pomar de lichieira 'Bengal'. São Manuel-SP, Brasil....	90
Figura 3 - Lichieira 'Bengal' em diferentes estádios fenológicos. A: Vegetativo. B: Floração plena. C: Fruto maduro. D: 40 dias após a colheita.....	92

Figura 4 - Correlação entre os teores de nutrientes nas folhas de lichieira em diferentes estádios fenológicos. A: Fruto maduro. B: Floração plena. C: Após a colheita. D: Período vegetativo.....100

Capítulo 4 – Prospecção e caracterização de óleo essencial de *Litchi chinensis* sonn.

Figura 1 - Plotagem de pontuações e PCA biplot entre os componentes principais em função da composição química do óleo essencial de folha, casca de fruto e semente de lichia 'Bengal'113

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 – Fenologia reprodutiva e crescimento dos frutos de lichieira em condição subtropical

Tabela 1 – Caracterização do solo nas camadas 0-20 e 20-40 cm na área experimental de cultivo de lichieira 'Bengal', São Manuel-SP33

Tabela 2 – Representação esquemática da progressão cronológica dos estádios de crescimento fenológico reprodutivo de lichieira 'Bengal'37

Capítulo 3 – Teores nutricionais foliares de lichieira em diferentes estádios fenológicos

Tabela 1 – Caracterização do solo nas camadas 0-20 e 20-40 cm na área experimental de cultivo de lichieira 'Bengal', São Manuel-SP89

Tabela 2 – Métodos de avaliação dos teores nutricionais foliares de lichieira 'Bengal'93

Tabela 3 – Análise de variância dos dados dos teores nutricionais de lichieira 'Bengal'95

Tabela 4 – Médias dos teores nutricionais foliares de lichieira 'Bengal', nos diferentes estádios fenológicos96

Capítulo 4 – Prospecção e caracterização de óleo essencial de *Litchi chinensis* sonn.

Tabela 1 – Médias do teor de óleo essencial de lichia 'Bengal'111

Tabela 2 – Composição química (%) dos óleos essenciais de folha, casca e semente de lichia 'Bengal'112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CERAT	Centro de Raízes e Amidos Tropicais
CAD	Capacidade de água disponível
RP	Rendimento de polpa
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
PCA	Análise de componentes principais
FCA	Faculdade de Ciências Agrônomicas
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
BBCH	Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt, and Chemische Industrie
DAA	Dias após a antese
AT	Açúcares totais
AR	Açúcar redutor
ANR	Açúcar não redutor
IM	Índice de maturação
EUA	Estados Unidos da América

LISTA DE SÍMBOLOS

B	Boro
Ca	Cálcio
Cu	Cobre
Fe	Ferro
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
P	Fósforo
S	Enxofre
Zn	Zinco
pH	Potencial hidrogeniônico
SB	Soma de bases
CTC	Capacidade de troca de cátions
V%	Saturação por bases
M.O.	Matéria Orgânica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	25
CAPÍTULO 1 – FENOLOGIA REPRODUTIVA E CRESCIMENTO DOS FRUTOS DE LICHIEIRA EM CONDIÇÃO SUBTROPICAL.....	28
1.1 INTRODUÇÃO.....	29
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
1.2.1 Localização da área experimental e material vegetal.....	31
1.2.2 Solo, clima e tratos culturais.....	31
1.2.3 Fenologia reprodutiva em clima temperado quente, mesotérmico.....	34
1.2.4 Crescimento dos frutos.....	35
1.2.5 Delineamento experimental e metodologia estatística.....	35
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
1.3.1 Fenologia reprodutiva em clima temperado quente, mesotérmico.....	35
1.3.2 Crescimento dos frutos.....	40
1.4 CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	42
CAPÍTULO 2 – MATURAÇÃO E COMPOSTOS BIOATIVOS DE LICHIA ‘BENGAL’ CULTIVADA EM CLIMA MESOTÉRMICO NO BRASIL.....	45
2.1 INTRODUÇÃO.....	46
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
2.2.1 Localização da área experimental e material vegetal.....	48
2.2.2 Solo, clima e tratos culturais.....	49
2.2.3 Análises físico-químicas.....	51
2.2.4 Delineamento experimental e análise dos dados.....	56
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
2.4 CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS.....	80
CAPÍTULO 3 – TEORES NUTRICIONAIS FOLIARES DE LICHIEIRA EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS.....	84
3.1 INTRODUÇÃO.....	85
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	87
3.2.1 Localização da área experimental e material vegetal.....	87

3.2.2	Solo e amostragem da área experimental.....	87
3.2.3	Clima e balanço hídrico.....	88
3.2.4	Manejo e tratos culturais.....	90
3.2.5	Coletas e análise de folhas.....	91
3.2.6	Delineamento experimental e metodologia estatística.....	92
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
3.4	CONCLUSÕES.....	100
	REFERÊNCIAS.....	101
CAPÍTULO 4 – PROSPECÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CASCAS, SEMENTES E FOLHAS <i>Litchi chinensis</i> Sonn.....		
4.1	INTRODUÇÃO.....	105
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	107
4.2.1	Material vegetal e caracterização da área.....	107
4.2.2	Extração do óleo essencial.....	107
4.2.3	Análise da composição química do óleo essencial.....	108
4.2.4	Rendimento de óleo essencial.....	109
4.2.5	Análise estatística.....	109
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	109
4.4	CONCLUSÕES.....	114
	REFERÊNCIAS.....	115
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
	REFERÊNCIAS.....	121

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é destaque mundial na produção de diversas frutas, onde o setor da fruticultura contribui para geração de emprego e renda. A lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) é uma fruta que vem ganhando popularidade entre os consumidores no mundo todo, devido a sua aparência, aroma e sabor (Karuna et al., 2018). Além disso, possui importante valor nutricional, sendo rica em propriedades funcionais, proteínas, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas (KouL; Singh, 2017).

Cultivada em áreas subtropicais e tropicais do mundo (Liu et al., 2015), a lichieira é da família Sapindaceae. O gênero *Litchi* inclui três subespécies, a *Litchi chinensis* ssp. *philippinensis* (Radlk.) Leenh., a *Litchi chinensis* ssp. *javensis* Leenh. e *Litchi chinensis* ssp. *chinensis* (Leenhouts, 1978). A *Litchi chinensis* ssp. *chinensis* é a principal e cultivada comercialmente (Tindall, 1994).

No Brasil são cultivados aproximadamente 1700 hectares com lichieira, sendo o estado de São Paulo, principal produtor nacional, responsável por 58% da área total cultivada e 54% da produção total (IBGE, 2023).

As temperaturas entre 20 a 35°C são ideais para o cultivo da lichieira, sendo 30°C a temperatura ótima para a cultura (Batten; Lahav, 1994; Saúco; Manini, 1987). Os fatores edafoclimáticos e genéticos, interferem sobre o comportamento fenológico. A floração, por exemplo, é um estágio fenológico altamente responsivo à temperatura, onde as espécies exibem diferentes respostas quando submetidas às condições ambientais distintas (El Yaacoubi et al., 2014; Pertille et al., 2022). Portanto, são necessários estudos sobre o desempenho de genótipos de lichieira nas diferentes regiões de cultivo, de modo a auxiliar na adequação do manejo e tratos culturais dos pomares.

A cultivar Bengal é a mais cultivada no Brasil, com moderado vigor e altamente produtiva, porém possui alternância de produção e frutos com baixo rendimento de polpa, devido à baixa formação dos arilos (Saúco; Menini, 1987; Menzel, 2002). Além disso, a lichieira apresenta naturalmente alta porcentagem de abscisão durante o desenvolvimento dos frutos (Wang; Lai; Huang, 2017), podendo ser agravado por deficiência nutricional e fatores climáticos.

No Brasil, para a cultura da lichieira ainda são escassos os estudos voltados ao manejo nutricional, necessita-se de recomendações em função da região de

cultivo, pois em geral, as indicações de adubação são de pesquisas realizadas em outros países (Grassi Filho; Santos; Creste, 2012).

O estágio fisiológico e idade da planta são responsáveis por variações na absorção de nutrientes minerais (Fernandes; Nascimento, 2004). Em pomares de lichieira na Austrália, foi observado variação sazonal na concentração de alguns nutrientes nas folhas (Menzel et al., 1992). Além disso, após a colheita dos frutos o teor de potássio (K) diminui, podendo afetar a produção no ano seguinte (Yang et al., 2014). Diante disso, o conhecimento da dinâmica dos nutrientes nos diferentes estádios fenológicos, ao longo do cultivo, torna-se uma importante ferramenta para o planejamento da nutrição e adubação dos pomares.

A colheita de lichia é concentrada em um restrito período e além disso, é um fruto que tem vida de prateleira curta quando armazenados em temperatura ambiente (Jiang et al., 2006; Le et al., 2019; Qiao; Huang; Xia, 2012), pois ocorre o escurecimento da casca que é atribuído há uma série de fatores, entre eles a perda de água, degradação de antocianinas e oxidação de compostos fenólicos (Jiang et al., 2004; Jiang; FU, 1999; Tang et al., 2020).

A principal forma de consumo da lichia é *in natura*, também são comercializados os arilos embalados a vácuo, secos, enlatados e o suco (Jiang; Gao; Zhang, 2012; Kisku et al., 2017; Li et al., 2009; Bolaños et al., 2010).

A casca e a semente de lichia como subprodutos representam de 16 a 40% do peso total da fruta, depende da cultivar, eles podem ser utilizados potencialmente como uma fonte de antioxidantes naturais, para fins farmacêuticos (Jiang; Gao; Zhang, 2012).

Vários compostos da polpa, casca, sementes e folhas da lichieira tem sido identificados e possuem propriedades antioxidante (Castellain et al., 2014; Wen et al., 2015), antiviral (Sun et al., 2010) e antibacteriana (Zhang et al., 2013; Wen et al., 2014). Esses compostos têm sido utilizados há mais de 1000 anos em medicina alternativa, principalmente na China e países do continente asiático, local de origem da lichieira (Wang; Lai; Huang, 2017).

Em estudos realizados com óleo essencial de folhas de lichieira, foram identificados 20 compostos, alguns com alta atividade antimicrobiana (Rawat et al., 2017; WANG et al., 2013). Os óleos essenciais extraídos de plantas vem demonstrando atividade biológica contra um significativo número de patógenos fitopatogênicos (Zaker, 2016), inseticida (Isman; Miresmaill; Machial, 2011) e também atividade antioxidante (Teixeira et al., 2013). A extração de óleo essencial de diferentes partes das plantas

frutíferas pode ser uma alternativa rentável, porém, são necessárias pesquisas para identificação de compostos e estudos *in vitro* para avaliar o uso potencial (Bizzo; Hovell; Rezende, 2009).

A abordagem proposta neste trabalho reúne as vantagens de combinarmos um conhecimento amplo da cultura da lichieira, que contempla a parte de fenologia, dinâmica nutricional na planta ao longo dos estádios fenológicos, maturação e compostos bioativos nos frutos, além da prospecção de utilização de subprodutos para extração de óleo essencial.

Diante disso, objetivou-se avaliar a fenologia reprodutiva da lichieira, utilizando a escala BBCH (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt, and Chemische Industrie), o crescimento de frutos, caracterização físico-química e compostos bioativos para determinação do ponto de colheita, bem como avaliação dos teores nutricionais nos diferentes estádios fenológicos. Também foi objetivo do estudo, realizar a prospecção e caracterização do óleo essencial de possíveis subprodutos decorrentes do cultivo, tais como casca, sementes e folhas de lichieira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fenologia reprodutiva de lichieira 'Bengal' é influenciada pelas condições climáticas que ocorrem no local de cultivo, podendo variar entre 99 até 119 dias para completar um ciclo da antese até a maturação completa do fruto.

A emissão de brotações de forma tardia influencia no surgimento de panículas e pode inviabilizar a produção de frutos durante a safra.

O estágio ideal de colheita dos frutos de lichieira 'Bengal' nas condições climáticas de São Manuel-SP pode variar de 95 até 113 dias após a antese, ou de 21 até 28 dias após o início de mudança de coloração de verde para vermelho na casca, essa variação é causada pela época da florada, que pode ser entre agosto e setembro.

Quanto mais verde os frutos, maiores as concentrações de flavonoides, compostos fenólicos e da atividade antioxidante na casca e na polpa e quanto mais maduros, com aumento da coloração vermelha na casca, maior a concentração de ácido ascórbico na polpa.

Os teores nutricionais foliares da lichieira 'Bengal' variaram de acordo com os estádios fenológicos da cultura e podem ser influenciados por variações climáticas. Os principais nutrientes demandados pela cultura da lichieira são o nitrogênio, potássio e magnésio. Após a colheita dos frutos, tem decréscimo de potássio, é importante realizar a reposição via solo neste período, pois esse decréscimo pode influenciar na produção de frutos da próxima safra.

Os resíduos de lichia como casca e sementes tem grande potencial para serem utilizados pela indústria para extração de óleo essencial. Constatou-se que na composição do óleo tem compostos com potencial para serem utilizados em diferentes seguimentos da indústria. Ainda são necessários estudos *in vitro* para avaliar o potencial de controle de patógenos e pragas de importância econômica, na busca por produtos sustentáveis é uma demanda de mercado.

REFERÊNCIAS

BATTEN, J. D.; LAHAV, E. Base temperatures for growth processes of lychee, a recurrently flushing tree, are similar but optima differ. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 21, n.5, p. 589-602, 1994.

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

BOLAÑOS, A. E.; VELÁZQUEZ, C. R.; CÁRDENAZ, A.; SANTAMARÍA, I.; GÜEMES, V. N.; FUENTES, A.; MERCADO, E. S. Effect of storage temperature and time on quality in minimally processed litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn.). **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 33, p. 299-311, 2010.

CASTELLAIN, R. C. L. et al. Chemical composition, anti-oxidant and antinociceptive properties of *Litchi chinensis* leaves. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, London, v. 66, p. 1796-1807, 2014.

EL YAACOUBI, A.; MALAGI, G.; OUKABLI, A.; HAFIDI, M.; LEGAVE, J. M. Global warming impact on floral phenology of fruit trees species in Mediterranean region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 180, p. 243-253, 2014.

FERNANDES, F. M.; NASCIMENTO, V. M. Fertilidade do solo e nutrição de mangueira. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. ed. **Manga – Produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, 2004, p.179-198.

IBGE. **CensoAgro 2017**. Disponível em: <
https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76324>. Acesso em 29. Jan. 2023.

JIANG, Y.; DUAN, X.; JOYCE, D.; ZHANG, Z.; LI, J. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. **Food Chemistry**, London, v. 88, n.3, p. 443-446, 2004.

JIANG, Y.; FU, J. Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. **LWT-Food Science and Technology**, [s. l.] v. 32, p. 278–283, 1999.

JIANG, Y.; GAO, H.; ZHANG, M. Lychee (*Litchi*). In: SIDDIQ, M. **Tropical and Subtropical Fruits: Postharvest Physiology, Processing and Packaging**. 1ª ed. New Delhi: Wiley Blackwell, 2012, cap. 13, p. 241-258.

JIANG, Y. M.; WANG, Y.; SONG, L.; LIU, H.; LICHTER, A.; KERDCHOECHUEN, O.; JOYCE, D. C.; SHI, J. Postharvest characteristics and handling of litchi fruit-an overview. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 46, n. 12, p. 1541-1556, 2006.

ISMAN, M. B., MIRESMAILLI, S. E MACHIAL, C. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. **Phytochemistry Reviews**, [s. l.], v. 10, p. 197-204, 2011.

KARUNA, K.; ADARSH, A.; SINGH, H. K.; MANKAR, A. Edible coating on litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) for improvement of fruit quality and shelf life: a review. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.1211, p. 145-152, 2018.

KOUL, B.; SINGH, J. **Lychee biology and biotechnology**. In: UPADHYAYA, D. C.; UPADHYAYA, C. P. Bioactive compounds and medicinal importance of *Litchi chinensis*. Bioactive Compounds and Medicinal Importance of *Litchi chinensis*. In: Kumar M., Kumar V., Prasad R., Varma A. (eds) *The Lychee Biotechnology*. Springer, 2017, p. 137-192.

KISKU, A. V.; PRASAD, S. C.; AGRAWAL, A.; KUMAR, D. Advances in Litchi Biotechnology: Achievements and Opportunities. In: KUMAR, M.; KUMAR, V.; PRASAD, R.; VARMA, A. (eds) **The Lychee Biotechnology**. Singapore: Springer, 2017. cap. 14, p. 363-379.

LE, L. M.; NGUYEN, T. C.; PHAM, B. T.; LY, H. -B.; LE, V. M.; LE, T. -T. Development and Identification of Working Parameters for a Lychee Peeling Machine Combining Rollers and a Pressing Belt. **AgriEngineering**, [s. l.], v.1, n. 4, p. 550-566, 2019.

LEENHOUTS, P. W. Systematic notes on the Sapindaceae-Nephelieae. **Blumea**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 395-403, 1978.

LI, C.; HAO, J.; ZHONG, H.; DANG, M.; XIE, B. Aroma components at various stages of litchi juice processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 89, n.14, p. 2405–2414, 2009.

LIU, W.; XIAO, Z.; BAO, X.; YANG, X.; FANG, J.; XIANG, X. Identifying Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Cultivars and Their Genetic Relationships Using Single Nucleotide Polymorphism (SNP) Markers. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. e0135390, 2015.

MENZEL, C. Major pests and diseases. In: MENZEL, C. (ed.), **The lychee crop in Asia and the Pacific**. FAO, 2002, p. 74-83.

MENZEL, C. M., CARSELDINE, M. L., HAYDON, G. F., SIMPSON, D. R. A review of existing and proposed new leaf nutrient standards for lychee. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 49, p. 33-53, 1992.

PERTILLE, R. H.; CITADIN, I.; OLIVEIRA, L. S.; BROCH, J. C.; KVITSCHAL, M. V.; ARAUJO, L. The influence of temperature on the phenology of apple trees grown in mild winter regions of Brazil, based on long-term records, **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 305, n. 11, p. 111354, 2022.

QIAO, F.; HUANG, L.; XIA, W. A study on microwave vacuum dried re-structured lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) mixed with purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) snacks. **Food and Bioproducts Processing**, Rugby, v. 90, n. 4, p. 653–658, 2012.

RAWAT, P.; AZAD, A.; KUMAR, A.; SINGH, T. D.; PAL, M. A Comparative Study of Chemical Constituents and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Litchi chinensis Growing in Different Geographical Areas of India. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, [s. l.], v. 6, p. 1627-1632, 2017.

SAÚCO, V. G.; MENINI, U. G. **El litchi y su cultivo**. Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion (FAO), v. 83, 1987, p. 11-60.

SUN, J.; JIANG, Y.; SHI, J.; WEI, X.; XUE, S. J.; SHI, J.; YI, C. Anti-oxidant activities and contents of polyphenol oxidase substrates from pericarp tissues of litchi fruit. **Food Chemistry**, London, v. 119, p. 753-757, 2010.

TANG, R.; ZHOU, Y.; CHEN, Z.; WANG, L.; LAI, Y.; CHANG, S.K.; WANG, Y.; QU, H.; JIANG, Y.; HUANG, H. Regulation of browning and senescence of litchi fruit mediated by phenolics and energy status: a postharvest comparison on three different cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 168, p. 111280, oct. 2020.

TEIXEIRA, B.; MARQUES, A.; RAMOS, C.; NENG, N. R.; NOGUEIRA, J. M. F.; SARAIVA, J. A.; NUNES, M. L. Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 43, p. 587-595, 2013.

TINDALL, H. D. Sapindaceous fruits: botany and horticulture. **Horticultural Reviews**, New York, v. 16, p. 143-195, 1994.

WANG, H. C.; LAI, B.; HUANG, X. M. Litchi Fruit Set, Development, and Maturation. *In*: KUMAR, M.; KUMAR, V.; PRASAD, R.; VARMA, A. **The Lychee Biotechnology**. Springer, 2017, p. 1-30.

WANG, Y. J.; ZHAO, D. X.; GAO, J. L.; PENG, Z. Q. Volatile Components of Litchi chinensis Sonn. Leaf Oil Extracts Obtained by Simultaneous Distillation Extraction. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 161-165, 2013.

WEN, L.; WU, D.; JIANG, Y.; PRASADD, K. N.; LIN, S.; JIANG, G.; HE, J.; ZHAO, M.; LUO, W.; YANG, B. Identification of flavonoids in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) leaf and evaluation of anti-cancer activities. **Journal of Functional Foods**, [s. l.] v. 6, p. 555-563, 2014.

WEN, L.; YOU, L.; YANG, X.; YANG, J.; CHEN, F.; JIANG, Y.; YANG, B. Identification of phenolics in litchi and evaluation of anticancer cell proliferation activity and intracellular anti-oxidant activity. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 84, p. 171-184, 2015.

YANG D.; CHANG, Y.; LIN, H.; CHEN, Y.; HSU, S.; LIN, J. Inhibitory effect of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) flower on lipopolysaccharide-induced expression of proinflammatory mediators in RAW264.7 cells through NF- κ B, ERK, and JAK2/STAT3 inactivation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 62, p. 3458-3465, 2014.

ZAKER, M. Natural Plant Products as Eco-friendly Fungicides for Plant Diseases Control- A Review. **The Agriculturists**, [s. l.] v. 14, n. 1, p. 134-141, 2016.

ZHANG, R.; ZENG, Q.; DENG, Y.; ZHANG, M.; WEI, Z.; ZHANG, Y.; TANG, X.
Phenolic profiles and anti-oxidant activity of litchi pulp of different cultivars cultivated in Southern China. **Food Chemistry**, London, v.136, p. 1169-1176, 2013.