



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**STATUS DA PESQUISA, MATURAÇÃO DE FRUTOS E SEMENTES DE
Physalis peruviana L.**

BIANCA SABINA OLMEDO MONTEIRO FERREIRA

**Araras
2024**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**STATUS DA PESQUISA, MATURAÇÃO DE FRUTOS E SEMENTES DE
Physalis peruviana L.**

BIANCA SABINA OLMEDO MONTEIRO FERREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. VICTOR AUGUSTO FORTI

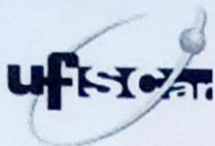
COORIENTADORA: PROF.^a DR.^a MARTA REGINA VERRUMA-BERNARDI

COORIENTADORA: PROF.^a DR.^a CHRISTIANE DE FÁTIMA MARTINS FRANÇA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL.

Araras

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Bianca Sabina Olmedo Monteiro Ferreira, realizada em 27/05/2024.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Victor Augusto Forti (UFSCar)

Prof. Dr. Evandro Henrique Schinor (UFSCar)

Prof. Dr. Fábio Oliveira Diniz (IFPI)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

Ferreira, Bianca Sabina Olmedo Monteiro

Status da pesquisa, maturação de frutos e sementes de *Physalis peruviana* L. / Bianca Sabina Olmedo Monteiro Ferreira -- 2024.
105f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Victor Augusto Forti

Banca Examinadora: Evandro Henrique Schinor, Fábio Oliveira Diniz
Bibliografia

1. Fisális. 2. Análise bibliométrica. 3. Qualidade. I. Ferreira, Bianca Sabina Olmedo Monteiro. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8 7083

AGRADECIMENTOS

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

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus avós e pais, Nelson, Maura, Lilia e Roberto, que tornaram possível o sonho de permanecer na universidade pública, gratuita e de qualidade produzindo ciência nesses últimos anos. Gostaria também de agradecer à Diretoria do *campus* da UFSCar de Araras pela concessão da bolsa de extensão e oportunidade de proporcionar a condução de um projeto presencial dessa magnitude.

Em seguida, agradeço imensamente ao meu orientador Prof. Dr. Victor Forti, que sempre esteve presente e me auxiliou em todos os passos necessários para que esse trabalho fosse concluído com sucesso. Agradeço também às minhas coorientadoras, Prof.^a Dr.^a Marta Verruma-Bernardi e Prof.^a Dr.^a Christiane França, que abrilhantaram e trouxeram novos olhares em todas as versões desde o embrião desse projeto. Ao técnico do Laboratório de Análise Sensorial, João, por todo apoio prestado, e à Cris, secretária do PPGADR, por fazer esse programa ser tão acolhedor quanto é. Ao pessoal do NEPAS, que tanto me ensinou nesse tempo.

Principalmente, não posso deixar de agradecer a todos os amigos/as/es e afetos que mantiveram minha trajetória mais leve nesse período tão conturbado de voltar ao presencial pós-pandemia. Minha turma de 2022, que foi uma preciosidade e trouxe experiências diversas, enriquecedoras e companheiras pra vida. Em especial, minha parceria de todos os perrengues, Tuane. Agradeço e dedico esse trabalho à minha casinha, que foi um verdadeiro achado e um refúgio no meio do caos! Ana Catarina, Júlia, Tuane, Lucas Sedenta e agregados (Guilherme, Bernardo, Fernanda, Cinthia, Luis, Inara, Júlio, Stella, etc), vocês foram minha família aqui e a razão para continuar e, agora, celebrar. Por fim, agradeço aos amigos da BatuCCAna, aos compas da Consulta, ao DDC e a tudo que me proporcionou um lampejo de descanso. E claro, a mim mesma, por ter aguentado firme até o final, por esse sonho que é coletivo e muito maior que eu.

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1 INTRODUÇÃO GERAL	01
1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	04
2 CAPÍTULO 1 - STATUS DA PESQUISA SOBRE <i>Physalis</i> sp.....	07
2.1 INTRODUÇÃO.....	08
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	09
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
2.4 CONCLUSÕES	54
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
3 CAPÍTULO 2 - MATURAÇÃO DE FRUTOS E QUALIDADE DE SEMENTES DE <i>Physalis peruviana</i> L.....	61
3.1 INTRODUÇÃO.....	62
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	63
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
3.4 CONCLUSÕES.....	76
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
4 CAPÍTULO 3 - MATURAÇÃO E CARACTERÍSTICAS PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE <i>Physalis peruviana</i> L.....	80
4.1 INTRODUÇÃO.....	81
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	82
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
4.4 CONCLUSÕES.....	97
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Coloração (L^* , a^* , b^* , C^* e h°) da epiderme dos frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. em diferentes pontos de colheita.....	68
Tabela 2. Atributos físicos dos frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. em diferentes pontos de colheita.....	68
Tabela 3. Atributos físicos de sementes recém-extraídas de frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. em diferentes pontos de colheita.....	70
Tabela 4. Atributos físicos de sementes de <i>Physalis peruviana</i> L. após secagem em diferentes pontos de colheita dos frutos.....	71
Tabela 5. Porcentagem de germinação das sementes de <i>Physalis peruviana</i> L. recém-extraídas e pós-secagem em diferentes pontos de colheita aos 7 e 14 dias.....	72
Tabela 6. Parâmetros de vigor das sementes de <i>Physalis peruviana</i> L. após secagem em diferentes pontos de colheita.....	73
Tabela 7. Ocorrência média de fungos patogênicos nas sementes de <i>Physalis peruviana</i> L. em diferentes pontos de colheita.....	75
Tabela 8. Coloração (L^* , a^* , b^* , C^* e h°) da epiderme dos frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. em diferentes pontos e dias após a colheita.....	85
Tabela 9. Altura, textura, SST, ATT e IM dos frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. em diferentes pontos e dias após a colheita.....	88
Tabela 10. Padrões físico-químicos de SST, ATT e IM para cada nível de maturação de <i>Physalis peruviana</i> L. segundo a NTC 4850.....	91
Tabela 11. Massa e diâmetro dos frutos com e sem cálice de <i>Physalis peruviana</i> L. em diferentes pontos de colheita.....	93
Tabela 12. Massa com cálice, diâmetro e pH de frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. analisados em diferentes dias após a colheita.....	95
Tabela 13. Porcentagem de perda de massa com e sem cálice dos frutos de <i>P. peruviana</i> L. após 10 dias de armazenamento.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Número de publicações científicas sobre <i>Physalis</i> sp. indexadas no <i>Web of Science</i> por ano.....	12
Figura 2. Número de publicações sobre <i>Physalis</i> sp. em periódicos indexados no <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	13
Figura 3. Países que mais publicaram sobre <i>Physalis</i> sp. segundo o <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	15
Figura 4. Instituições mundiais que mais publicaram sobre <i>Physalis</i> sp. segundo o <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	16
Figura 5. Principais temas de pesquisa sobre <i>Physalis</i> sp. nas Categorias <i>Web of Science</i> e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal	18
Figura 6. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre <i>Physalis</i> sp. no <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	19
Figura 7. Número de publicações sobre as espécies de <i>physalis</i> mais pesquisadas indexadas à plataforma <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	20
Figura 8. Principais temas de pesquisa sobre <i>Physalis peruviana</i> nas Categorias <i>Web of Science</i> e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal	21
Figura 9. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre <i>Physalis peruviana</i> no <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	22
Figura 10. Principais temas de pesquisa sobre <i>Physalis angulata</i> nas Categorias <i>Web of Science</i> e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal	24
Figura 11. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre <i>Physalis angulata</i> no <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	24
Figura 12. Principais temas de pesquisa sobre <i>Physalis alkekengi</i> nas Categorias <i>Web of Science</i> e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal	26

Figura 13. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre <i>Physalis alkekengi</i> no <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	27
Figura 14. Principais temas de pesquisa sobre <i>Physalis ixocarpa</i> nas Categorias do <i>Web of Science</i> e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal.....	29
Figura 15. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre <i>Physalis ixocarpa</i> no <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	29
Figura 16. Principais temas de pesquisa sobre <i>Physalis minima</i> nas Categorias <i>Web of Science</i> e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal	32
Figura 17. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre <i>Physalis minima</i> no <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	33
Figura 18. Principais temas de pesquisa sobre <i>Physalis pubescens</i> nas Categorias <i>Web of Science</i> e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal	35
Figura 19. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre <i>Physalis pubescens</i> no <i>Web of Science</i> sem recorte temporal.....	36
Figura 20. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre <i>Physalis</i> sp. produzido pelo <i>VOSViewer</i> constando os 105 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.....	37
Figura 21. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre <i>Physalis</i> sp. produzido pelo <i>VOSViewer</i> constando as 227 palavras-chave que possuíam o mínimo de 10 ocorrências e as ligações delas entre si.....	39
Figura 22. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre <i>Physalis peruviana</i> produzido pelo <i>VOSViewer</i> constando os 10 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.....	42
Figura 23. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre <i>Physalis peruviana</i> produzido pelo <i>VOSViewer</i> constando as 71 palavras-chave que possuíam o mínimo de 10 ocorrências e as ligações delas entre si	43

Figura 24. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre <i>Physalis angulata</i> produzido pelo VOSViewer constando os 14 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.....	44
Figura 25. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre <i>Physalis angulata</i> produzido pelo VOSViewer constando as 56 palavras-chave que possuíam o mínimo de 10 ocorrências e as ligações delas entre si	45
Figura 26. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre <i>Physalis alkekengi</i> produzido pelo VOSViewer constando os 20 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.....	46
Figura 27. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre <i>Physalis alkekengi</i> produzido pelo VOSViewer constando as 36 palavras-chave que possuíam o mínimo de 10 ocorrências e as ligações delas entre si	47
Figura 28. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre <i>Physalis ixocarpa</i> produzido pelo VOSViewer constando os 4 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.....	48
Figura 29. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre <i>Physalis ixocarpa</i> produzido pelo VOSViewer constando as 25 palavras-chave que possuíam o mínimo de 5 ocorrências e as ligações delas entre si	49
Figura 30. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre <i>Physalis minima</i> produzido pelo VOSViewer constando os 4 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.....	50
Figura 31. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre <i>Physalis minima</i> produzido pelo VOSViewer constando as 7 palavras-chave que possuíam o mínimo de 10 ocorrências e as ligações delas entre si.....	51
Figura 32. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre <i>Physalis pubescens</i> produzido pelo VOSViewer constando apenas os 7 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.....	52
Figura 33. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre <i>Physalis pubescens</i> produzido pelo VOSViewer constando as 17 palavras-chave que possuíam o mínimo de 5 ocorrências e as ligações delas entre si....	53
Figura 34. Pontos de colheita dos frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. estabelecidos a partir do marcador morfológico cor do cálice.....	65

Figura 35. Frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. em corte longitudinal para visualização das sementes nos diferentes pontos de colheita.....	66
Figura 36. Pontos de maturação de frutos de <i>P. peruviana</i> de acordo com a NTC 4580.....	91

STATUS DA PESQUISA, MATURAÇÃO DE FRUTOS E SEMENTES DE *Physalis peruviana* L.

Autora: BIANCA SABINA OLMEDO MONTEIRO FERREIRA

Orientador: PROF. DR. VICTOR AUGUSTO FORTI

Coorientadora: PROF.^a DR.^a MARTA REGINA VERRUMA-BERNARDI

Coorientadora: PROF.^a DR.^a CHRISTIANE DE FÁTIMA MARTINS FRANÇA

RESUMO

Physalis é um fruto de alto interesse comercial, originário da América Latina, porém, ainda de baixa produção no Brasil, sendo importado principalmente da Colômbia. No que tange à produção científica nacional, ainda são poucos os estudos acerca dessa espécie, principalmente os baseados em aspectos fitotécnicos dentro dos princípios agroecológicos. Dessa maneira, o trabalho teve como objetivos realizar uma análise bibliométrica sobre *Physalis* sp., avaliar a qualidade das sementes e as características pós-colheita dos frutos de *Physalis peruviana* L. durante a maturação dos frutos. Para a análise bibliométrica, procedeu-se com a busca textual na plataforma *Web of Science* utilizando-se unicamente o termo “*Physalis*” e procedeu-se com a classificação dos trabalhos em diversas categorias considerando seis espécies de *physalis*, a *P. peruviana*, *P. angulata*, *P. alkekengi*, *P. ixocarpa*, *P. minima* e *P. pubescens*. Para os experimentos de qualidade de sementes e pós-colheita, os frutos foram colhidos em cinco pontos de colheita, levando em consideração o marcador morfológico cor do cálice: verde, verde-amarelo, amarelo, amarelo-palha e palha. Após a extração, as sementes de cada tratamento foram avaliadas quanto ao potencial fisiológico e sanidade. Para a avaliação dos frutos, foram determinados o comprimento e diâmetro, massa, cor, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, perda de massa e firmeza. Os estudos sobre *physalis* indexados ao *Web of Science* aumentaram nos últimos anos, sendo o *Phytochemistry* e o *Journal of Natural Products* os periódicos de maior relevância. As publicações têm sido realizadas por pesquisadores de diversos países, com destaque para Estados Unidos, China, Brasil, México e

Colômbia, sendo a Universidad Nacional de Colombia a instituição com maior número de publicações. A *P. peruviana* foi a espécie mais pesquisada na temática da agronomia e da tecnologia de alimentos. Para a avaliação de sementes, foi verificada a maior emergência de plântula e velocidade de emergência no ponto amarelo. Na germinação, os pontos de maior valor foram o amarelo-palha e o amarelo. O melhor ponto de colheita de *Physalis* visando a produção de sementes é o de cálice amarelo. Nas análises dos frutos observou-se maiores massas, diâmetro, altura, teor de sólidos solúveis totais e Índice de Maturação nos pontos de colheita mais maduros e o maior teor de acidez total titulável e perda de massa nos pontos menos maduros. Frutos colhidos no ponto palha tendem a reduzir de tamanho após período de armazenamento. Dessa forma, levando em consideração os parâmetros de qualidade e capacidade de manter as características, o ponto de colheita ideal para maior aproveitamento pós-colheita e durabilidade do produto é o com cálice amarelo-palha.

Palavras-chave: *Physalis*, análise bibliométrica, germinação, vigor, pós-colheita, qualidade, orgânico.

RESEARCH STATUS, MATURATION OF FRUITS AND SEEDS OF *Physalis peruviana* L.

Author: BIANCA SABINA OLMEDO MONTEIRO FERREIRA

Adviser: PROF. DR. VICTOR AUGUSTO FORTI

Co-adviser: PROF. DR. MARTA REGINA VERRUMA-BERNARDI

Co-adviser: PROF. DR. CHRISTIANE DE FÁTIMA MARTINS FRANÇA

ABSTRACT

Physalis is a fruit of high commercial interest from Latin America, but still with low production in Brazil, mainly imported from Colombia. Regarding national production, there are still few studies on this species, especially those based on crop science aspects within agroecological principles. Therefore, this research aims to carry out a bibliometric analysis on *Physalis* sp. to evaluate the quality of seeds, post-harvest, and sensory characteristics of *Physalis peruviana* L. fruits during maturation. For bibliometric analysis, a search was carried out on the *Web of Science* only using the word “*Physalis*”, and the publications were classified into different categories considering six species of *physalis*, *P. peruviana*, *P. angulata*, *P. alkekengi*, *P. ixocarpa*, *P. minima* and *P. pubescens*. For the seed quality and post-harvest experiments, the fruits were harvested at five harvest points, taking into account the morphological marker calyx color: green, yellow-green, yellow, straw-yellow and straw. After extraction, the seeds from each treatment were evaluated for their physiological potential and health quality. To evaluate the fruits, length and diameter, mass, color, pH, total soluble solids, total titratable acidity, mass loss and firmness were evaluated. Studies on *physalis* indexed in the *Web of Science* have increased in recent years, with *Phytochemistry* and *Journal of Natural Products* being the most relevant journals. The publications have been carried out by researchers from different countries, with emphasis on the United States, China, Brazil, Mexico and Colombia, with the Universidad Nacional de Colombia being the institution with the largest number of publications. *P. peruviana* was the most researched species in agronomy and food technology. For seed evaluation, the highest

seedling emergence and emergence speed were verified in the yellow calyx point. During germination, the points with the highest value were straw-yellow and yellow calyx. The best physalis harvesting point for seed production is with the yellow calyx. In the fruits analysis, the highest value of masses, diameter, height, total soluble solids content and Maturation Index were observed in the most ripe harvest points, and the highest total titratable acidity content and loss of mass in the least ripe points. Fruits harvested with straw calyx tend to lose mass after a period of storage. Therefore, by the quality parameters and ability to maintain characteristics, the ideal harvest point for greater post-harvest use and product durability is the one with a straw-yellow calyx.

Keywords: goldenberry, bibliometric analysis, germination, vigor, post-harvest, quality, organic.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Physalis é um gênero de plantas pertencente à família Solanaceae que apresenta cerca de 90 espécies. Seu nome também é utilizado para se referir ao fruto comestível produzido por algumas das espécies, que durante o desenvolvimento é envolvido por um casulo feito de folha fina e em formato de cálice (Fischer et al., 2014), com a função de protegê-lo contra insetos, pássaros, patógenos, impactos físicos e condições climáticas adversas (Rufato et al., 2008).

Além de sua aparência diferenciada, o fruto da *physalis* é de grande interesse por possuir alto valor nutricional e diversas propriedades medicinais (Rutz et al., 2012; Rufato et al., 2013), sendo rico em vitaminas, minerais, carotenoides, compostos fenólicos e bioativos, fitoesteróis e vitasteroides, como as fisalinas, além de substâncias antioxidantes, como os flavonoides (Ramadan, 2011; Tomassini et al., 2000).

O Brasil apresenta apenas oito espécies de *physalis*, embora as plantas estejam distribuídas por todo o continente americano (Stehmann et al., 2015). Dentre elas, a espécie que mais se destaca comercialmente é a *Physalis peruviana* L., originária da região entre os Andes Peruanos e Equatorianos, que tem como maior produtor mundial a Colômbia (Muniz et al., 2015).

Os frutos de *physalis* são considerados não-convencionais por conta de seu baixo volume de comercialização em comparação a outros de grande volume (Watanabe; De Oliveira, 2014) e também por seu nome, aparência, sabor e preço diferenciados, sendo consumidos no Brasil como produto fino e com alto valor agregado (Rufato et al., 2008). Embora sejam populares nas regiões Norte e Nordeste, são raros na região Sudeste, sendo encontrados majoritariamente em grandes centros como São Paulo e Rio de Janeiro, devido ao custo elevado de importação e baixa produção nacional (Rodrigues et al., 2009).

Para Velasquez et al. (2007), a produção de *physalis* apresenta-se com boas perspectivas para o mercado nacional e internacional, devido à sua grande adaptabilidade e forma de cultivo bastante simples, possibilitando que o

Brasil tenha perspectiva de deixar de ser importador e passe a exportar o fruto. Além disso, por ser uma planta rústica, traz a possibilidade de incorporação nos cultivos orgânicos e se torna uma excelente alternativa para o pequeno e médio produtor rural (Rufato et al., 2008).

Na produção orgânica, adotam-se práticas como rotação de culturas, aproveitamento de resíduos orgânicos e controle biológico, não fazendo uso de fertilizantes sintéticos e de agrotóxicos. Em comparação ao sistema convencional, a técnica de cultivo orgânico representa uma proposta de agricultura sustentável, que produz menos impactos negativos ao meio ambiente e visa a manutenção dos recursos naturais. Além disso, tem sido verificado um aumento expressivo na procura por alimentos frescos ou com matérias-primas oriundas de sistemas orgânicos, principalmente por questões de saúde e segurança alimentar (Lima et al., 2011; Dias et al., 2015), o que resultou em uma expansão significativa da agricultura e do mercado de orgânicos no Brasil (Mooz; Silva, 2014; Costa et al., 2017).

Diante disso, a *physalis* se mostra uma alternativa promissora de produção inclusive para pequenos agricultores (Fischer et al., 2014; Muniz et al., 2015), podendo se adaptar bem ao cultivo orgânico visando agregar valor e reduzir o impacto ambiental.

Fischer et al. (2000) afirmou que a *physalis* é uma planta que se desenvolve em uma extensa faixa de condições edafoclimáticas, sendo classificada como uma espécie bastante tolerante por ser adaptável a diversos tipos de solos, climas e sistemas de cultivo. Entretanto, o cultivo comercial exige a adoção de técnicas específicas de manejo para garantir a qualidade dos frutos e a produtividade (Muniz et al., 2011; Muniz et al., 2015).

Diversas pesquisas têm sido realizadas com as plantas do gênero *Physalis*, porém, se mostra crescente o interesse em compreender como são os estudos científicos a respeito desse gênero de plantas e de suas espécies, o que está sendo mais pesquisado mundialmente sobre cada uma nas mais diferentes áreas para além da agrônômica. A fim de investigar o acervo científico disponível sobre essa planta atualmente, esse trabalho visa trazer

uma análise bibliométrica para levantamento dos temas mais relevantes, além das diferentes abordagens entre cada espécie.

Parte dos estudos trata sobre os sistemas de condução, sendo que um número limitado menciona as questões relacionadas à tecnologia de sementes (Diniz, 2018). Como a reprodução dessa planta é feita de forma sexuada, ou seja, se propaga por meio das sementes, é essencial que estas estejam em nível de maturação adequado para garantir boa germinação e desenvolvimento de plântulas. Dessa forma, mostra-se imprescindível que sejam feitos estudos mais aprofundados acerca dos melhores pontos de colheita tanto para a qualidade dos frutos para comercialização e consumo, como também para a qualidade de sementes.

Quanto à qualidade dos frutos, é necessário definir o momento ideal para colheita a fim de aumentar a vida útil do fruto e permitir o máximo de aproveitamento pós-colheita do produto para posterior comercialização, e, conseqüentemente, dar um bom retorno econômico ao produtor, trazendo o mínimo de perdas (Rodrigues et al., 2012).

Dessa forma, o estudo visa realizar uma análise bibliométrica sobre *Physalis* sp. e avaliar a qualidade das sementes e as características pós-colheita dos frutos de *Physalis peruviana* L. durante a maturação.

1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, M. B. B.; SOUZA, M.; JÚNIOR, V. M.; COMIN, J. J.; LOVATO, P. E. Agroecology development in Brazil between 1970 and 2015. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, n. 41, p. 276-295, 2017.

DIAS, V. V.; SCHULTZ, G.; SCHUSTER, M. S.; TALAMINI, E.; RÉVILLION, J. P. O mercado de alimentos orgânicos: um panorama quantitativo e qualitativo das publicações internacionais. **Ambiente & Sociedade**, n. 18, p. 161-182, 2015.

DINIZ, F. O. **Estudos da maturação do fruto e das sementes de *Physalis peruviana* L. e do teste de germinação**. 110p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2018.

FISCHER, G.; FLOREZ, V. J.; SORA, A. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Agronomía, **Editorial UN**, p. 9-26, 2000.

FISCHER, G.; ALMANZA-MERCHAN, P. J.; MIRANDA, D. Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 1-15, 2014.

LIMA, P. A. L.; BRUNINI, M. A.; KANESIRO, L. A.; KANESIRO, J. C.; MACIEL JÚNIOR, V. A.; COLOMBO, R. B. Perfil do consumidor de produtos orgânicos na cidade de São Joaquim da Barra - São Paulo. **Nucleus**, v. 8, p. 67-80, 2011.

MOOZ, E. D.; SILVA, M. V. Cenário mundial e nacional da produção de alimentos orgânicos. **Journal Brazilian Society Food Nutritional**, n. 39, p. 99-112, 2014.

MUNIZ, J.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R.; MARCHI, T.; DUARTE, A. E.; LIMA, A. P. F.; GARANHANI, F. Sistemas de Condução para o Cultivo de *Physalis* no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 830-838, 2011.

MUNIZ, J.; MOLINA, A. R.; MUNIZ, J. Physalis: panorama produtivo e econômico no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 429-435, 2015.

RAMADAN, M. F. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1830-1836, 2011.

RODRIGUES, E.; ROCKENBACH, I. I.; CHAVES, E. S.; FETT, R. Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 642-645, 2009.

RODRIGUES, F. A.; PENONI, E. S.; SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M. Caracterização do ponto de colheita de *Physalis peruviana* L. na região de Lavras, MG. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 862-867, 2012.

RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; SCHLEMPER, C.; LIMA, C. S. M.; KRETZSCHMAR, A. A. **Aspectos técnicos da cultura da Physalis**. Lages: CAV/UEDESC; v. 34, p. 23-31, Pelotas: UFPel, 2008.

RUFATO, A. R.; RUFATO, L.; LIMA, C. S.; MUNIZ, J. A Cultura da physalis. **Série Fruticultura – Pequenas Frutas**, Embrapa Uva e Vinho (CNPUV), 2013.

RUTZ, J. K.; VOSS, G. B.; JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C. Geleia de *Physalis peruviana* L.: Caracterização bioativa, antioxidante e sensorial. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 369-375, 2012.

STEHMANN, J. R.; MENTZ, L. A.; AGRA, M. F.; VIGNOLI-SILVA, M.; GIACOMIN, L.; RODRIGUES, I. M. C. *Solanaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015.

TOMASSINI, T. C. B.; BARBI, N. S.; RIBEIRO, I. M.; XAVIER, D. C. D. Gênero *Physalis* - uma revisão sobre vitaesteróides. **Química Nova**, v. 23, p. 47-57, 2000.

VELASQUEZ, H. J. C.; GIRALDO, O. H. B.; ARANGO, S. S. P. Estudio preliminar de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para fruta

de uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 60, n. 1, p. 3785-3796, 2007.

WATANABE, H. S.; DE OLIVEIRA, S. L. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 23-28, 2014.

2 CAPÍTULO 1 – STATUS DA PESQUISA SOBRE *Physalis* sp.

RESUMO

Physalis é um gênero de plantas da família Solanaceae originário da América Latina que apresenta cerca de 90 espécies. Existem muitos estudos sobre este gênero abordando diversas espécies e aplicações. Entretanto, a sistematização dessas informações se faz relevante, visando otimizar o uso das descobertas científicas em trabalhos futuros sobre *Physalis* sp. Com isso, objetivou-se compreender, a partir de uma análise bibliométrica, a situação da pesquisa científica mundial sobre esse gênero de plantas, buscando caracterizar a abordagem a partir de cada uma das suas espécies mais populares. Para isso, realizou-se uma pesquisa inicial na base de dados *Web of Science* (WoS) apenas com o termo “*Physalis*”, e, após uma triagem, foram eliminados os termos não relacionados ao gênero de plantas. Posteriormente procedeu-se com a análise do número de publicações por ano, principais periódicos, países, instituições e autores mais prolíficos, e temas e publicações mais relevantes, considerando as Categorias WoS e Áreas de Pesquisa, Tópicos Médios e Microtópicos de citação para *Physalis* sp. Esse procedimento foi realizado para as espécies com maior número de publicações (*P. peruviana*, *P. angulata*, *P. alkekengi*, *P. ixocarpa*, *P. minima* e *P. pubescens*, respectivamente). Além disso, foi feito o mapeamento científico com o auxílio do software *VOSViewer*, analisando as relações de co-autoria e co-ocorrência de palavras-chave a fim de identificar o padrão de colaborações científicas e representar identidades temáticas. As pesquisas sobre *Physalis* sp. publicadas e indexadas no *Web of Science* aumentaram nos últimos anos, passando de uma centena de estudos publicados por ano a partir de 2018, sendo o *Phytochemistry* e o *Journal of Natural Products* os periódicos de maior relevância. As publicações têm sido realizadas por pesquisadores de diversos países, com destaque para Estados Unidos, China, Brasil, México e Colômbia, sendo a Universidad Nacional de Colombia a instituição com maior número de publicações. Quanto às espécies, foi possível diferenciar a abordagem de pesquisa entre elas, sendo a *P. peruviana* mais pesquisada na área agrônômica e de tecnologia de alimentos.

Palavras-chave: análise bibliométrica, mapeamento científico, pequenas frutas, espécies de *physalis*.

2.1 INTRODUÇÃO

Physalis é um gênero de plantas de grande interesse comercial e científico devido ao aspecto diferenciado de seus frutos, sabor característico, valor nutricional e propriedades nutraceuticas. É originário da América Latina, especificamente dos Andes Peruanos e Equatorianos, e apresenta cerca de 90 espécies (Chaves, 2006).

Por ser uma planta rústica que se adapta a uma larga faixa de condições edafoclimáticas, tipos de solo e sistemas de cultivo (Fischer et al., 2000), tem-se observado crescente procura por informações para sua produção, visando expandir o mercado desses frutos. O maior exportador de *Physalis* sp. nos últimos anos é a Colômbia (Muniz et al., 2015), sendo um produto de alto valor agregado e uma possibilidade de incorporação para novas localidades (Rodrigues et al., 2009).

Com isso, os estudos feitos a partir das espécies de *Physalis* têm apresentado aumento expressivo nos últimos anos. Para além de pesquisas sobre aspectos agronômicos e detalhes do cultivo das plantas para produção, também há muitos estudos sobre as propriedades nutricionais e farmacológicas da composição dos frutos, que se destacam por serem ricos em compostos bioativos e substâncias antioxidantes, além de apresentarem potenciais ações antitumorais, antiinflamatórias, antidiabéticas, entre outros (Ramadan, 2011; Tomassini et al., 2000; Puente et al., 2011). *Physalis* sp. se mostra um assunto inovador também na perspectiva de ciência e tecnologia de alimentos, bioquímica e biologia molecular e até em filogenética e genômica.

Em virtude da diversidade de espécies e aplicações variadas, a pesquisa produzida sobre o tema se encontra fragmentada. Verifica-se uma escassez de estudos acerca da sistematização das descobertas científicas sobre esse gênero de plantas, o que torna necessário uma análise mais aprofundada a respeito de quais assuntos estão sendo mais pesquisados sobre cada espécie nas diferentes localidades. Assim, o presente estudo tem por

objetivo compreender, por meio de uma análise bibliométrica, o *status* da pesquisa sobre *Physalis* sp. no mundo, destacando as principais espécies e os temas de pesquisa mais abordados.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Levantamento e triagem das publicações

Para a realização desta análise bibliométrica, seguiu-se a metodologia descrita por Donthu et al. (2021), e foi escolhida a base de dados *Web of Science* (WoS), considerando que seu acervo é um dos mais relevantes globalmente de indexação de publicações vinculadas a periódicos de grande visibilidade internacional.

Quanto aos termos utilizados para busca na base de dados, inicialmente foi feita uma pesquisa geral apenas com a palavra-chave “Physalis”, buscando obter a quantidade de estudos com esse termo ao redor do mundo, independente da espécie e sem limitação de período.

Ao encontrar temas que não eram relacionados ao gênero de plantas, principalmente a partir de uma análise criteriosa de todas as “Categorias da WoS”, dos “Tópicos médios de citação” e das “Áreas de pesquisa”, foram definidos filtros para refinar as buscas, visando eliminar outros assuntos que possuem nomes semelhantes ou em comum. Como exemplos desses temas eliminados, é possível citar apenas utilizando como filtro os “Tópicos médios de citação” um animal marinho chamado *Physalia physalis* (publicações em “Animal sensing” e em “Marine biology”), um modelo matemático chamado “Physalis method” (publicações em “Modelling & simulation”) e um parasita chamado *Cardiocephaloide physalis* (publicações em “Parasitology - General”). Para retirar esses temas não-relacionados e permanecer apenas nos que eram relativos às plantas, sem correr o risco de perder publicações relacionadas apenas pela exclusão de tópicos gerais que o site dá como opção de filtros, escolheu-se utilizar operadores booleanos para refinar as palavras-chaves da pesquisa, resultando em uma busca com: “physalis” not “physalia” not “cardiocephaloid*” not “particulate”. Desta forma, das 2158 publicações até dezembro de 2023, ficaram apenas 1988.

Foram levados em consideração para as análises os anos de publicação, instituições mais produtivas, principais periódicos e países que mais publicaram, e uma observação conjunta das “Categorias da WoS” e “Área de Pesquisa”, assim como dos “Tópicos Médios de citação” e os “Microtópicos de citação”. Essas análises conjuntas foram feitas a fim de criar agrupamentos definitivos sobre os principais temas mundialmente pesquisados sobre *Physalis*.

Depois desse levantamento sobre os temas mais pesquisados a respeito desse gênero de plantas de forma geral, optou-se por afunilar a análise a partir de cada uma das espécies que se destacam com mais publicações, sendo elas “*P. peruviana*”, “*P. angulata*”, “*P. alkekengi*”, “*P. ixocarpa*”, “*P. minima*” (*P. lagascae*) e “*P. pubescens*”, respectivamente. Foram encontradas publicações com cerca de 20 outras espécies de *Physalis* sp. na plataforma, porém, em quantidade inferior, o que não justifica a aplicação de uma análise bibliométrica a partir dos critérios recomendados pela metodologia utilizada de Donthu et al. (2021), que especifica que essa análise deve ser feita a partir de algumas centenas de publicações, não de apenas dezenas ou menos. A partir das espécies, também foi feito um levantamento entre os temas mais pesquisados dentro de cada uma, visando compreender a diferença de abordagem na pesquisa científica para cada espécie, e as publicações de maior relevância segundo a plataforma, levando em consideração o número de citações.

Para a análise bibliométrica, foram selecionadas as técnicas de análise de desempenho (*performance analysis*) e mapeamento científico (*science mapping*), segundo metodologia descrita por Donthu et al. (2021). Com a análise de desempenho, objetiva-se descrever o comportamento da pesquisa mundial sobre *Physalis* sp., principais autores, periódicos, instituições e países. No mapeamento científico, busca-se compreender as relações entre os constituintes da pesquisa, esclarecer os padrões de colaboração científica e a delimitação e evolução do campo científico.

Inicialmente, para a análise de desempenho, foram utilizados os filtros da própria plataforma de busca do *Web of Science* para coleta de dados. Apenas com os filtros de busca, foi possível verificar os anos das publicações,

os principais periódicos, os países, instituições e autores mais produtivos, e os temas com mais publicações sobre *Physalis* de forma geral, e posteriormente, os temas mais comuns de publicação para cada espécie (considerando as Categorias do *Web of Science*, Áreas de Pesquisa, Tópicos Médios de citação e Microtópicos de citação), além dos artigos mais citados.

2.2.2 Mapeamento científico no VOSViewer

Após a seleção das publicações gerais sobre *Physalis* sp. e de cada respectiva espécie, para executar o mapeamento científico, os dados foram exportados para o software VOSViewer (van Eck; Waltman, 2010), que usa o método VOS (*Visualization of Similarities*) para cruzar as similaridades e conexões entre os dados, utilizando-as para construção de mapas de visualização de rede (*network visualization maps*). Nesses mapas, os objetos mais próximos são os que possuem maior similaridade. No VOSviewer as análises foram realizadas considerando a co-autoria (*coauthorship analysis*) e a co-ocorrência de palavras-chaves (*co-word analysis*). A análise de co-autoria é utilizada para identificar as interações e colaborações entre pesquisadores de determinado campo de pesquisa. A análise de palavras-chave (ou “co-palavras”, em tradução literal) é utilizada para mapear termos relevantes que podem ocorrer com mais frequência em títulos e resumos, assumindo que palavras que frequentemente aparecem juntas podem representar uma identidade temática (Arias, 2022).

A partir do software VOSViewer foram feitas análises de co-autoria (*co-authorship analysis*) e palavras-chave (*co-word analysis*) para *Physalis* sp. em geral e depois para cada uma das espécies. Para co-autoria, foi estabelecido o número mínimo de três publicações, e para palavras-chave, o mínimo de dez ocorrências. Para as espécies com menos publicações, que não possuíam o mínimo de dez ocorrências em palavras-chave, foi estabelecido o mínimo de apenas cinco ocorrências.

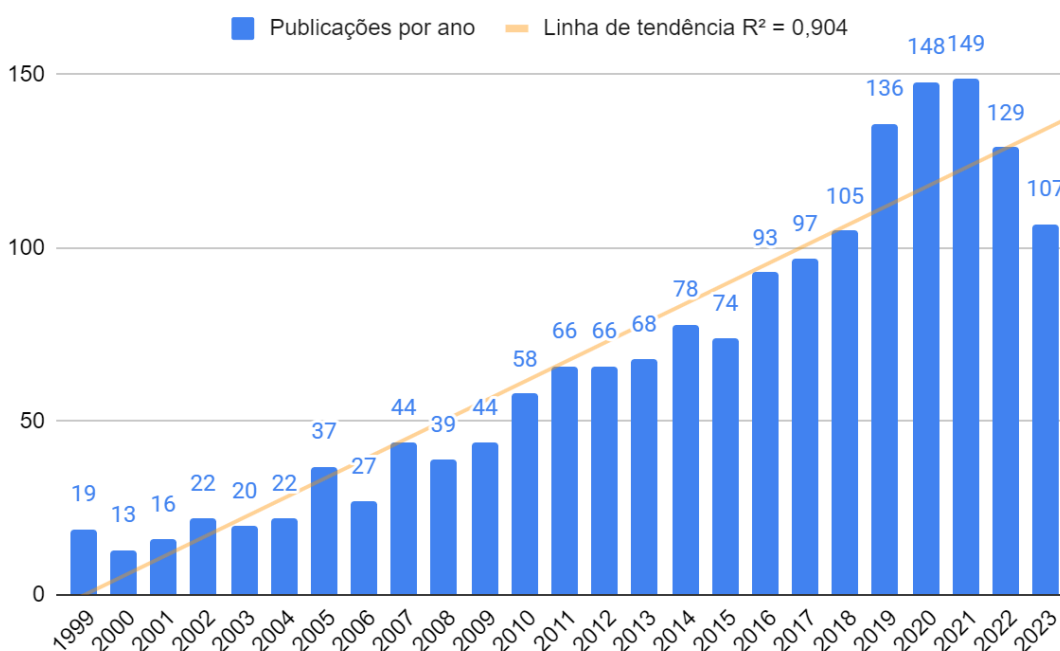
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Análise de desempenho

2.3.1.1 Análise de desempenho com base em publicações sobre *Physalis* sp.

Segundo as pesquisas recuperadas na base de dados *Web of Science*, as duas primeiras publicações sobre *Physalis* sp., especificamente enquanto gênero de plantas, foram feitas em 1948. Desde então, até o final do mês de dezembro de 2023, 2158 publicações foram indexadas mundialmente contendo esse termo, porém, com a exclusão dos assuntos não-relacionados a plantas, esse número cai para 1988. O número de trabalhos publicados e indexados no WoS apresentou crescimento linear, sendo que a partir de 2018 ultrapassou pela primeira vez uma centena de publicações, o que se manteve nos anos seguintes. O ano que constou como maior no número de publicações com *Physalis* sp. foi o de 2021, com 149 publicações, apenas uma a mais que em 2020 (Figura 1).

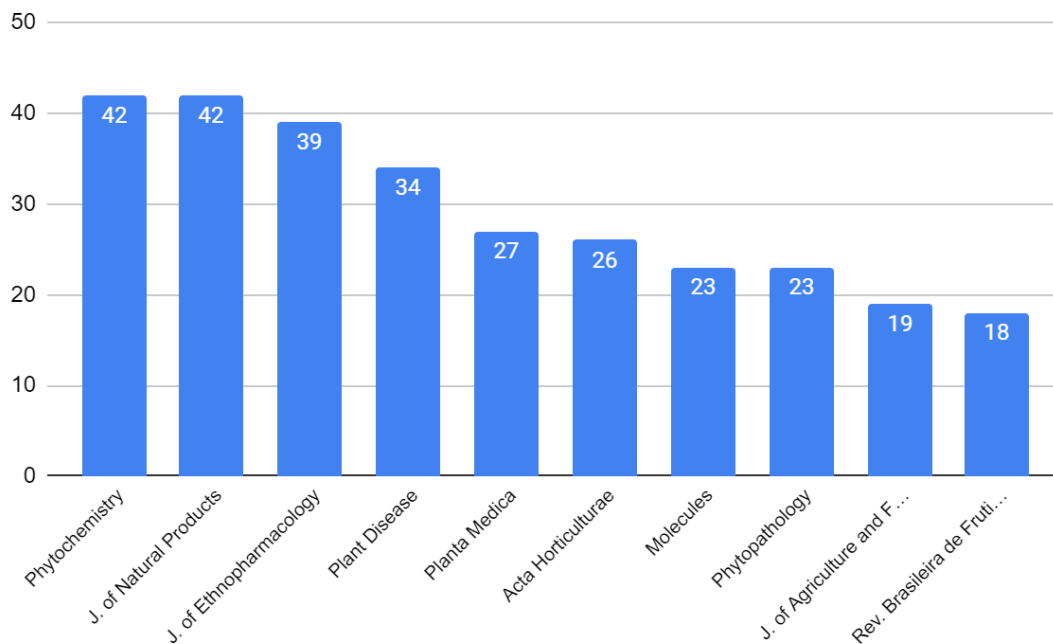
Figura 1. Número de publicações científicas sobre *Physalis* sp. indexadas no *Web of Science* por ano.



Considerando os periódicos que mais publicaram sobre o gênero *Physalis* sp. sem recorte temporal, há em primeiro lugar o *Phytochemistry* e o *Journal of Natural Products*, com 42 publicações cada, seguido pelo *Journal of*

Ethnopharmacology com 39, *Plant Disease* com 34 e *Planta Medica* com 27 (Figura 2). Essa predominância já indica que um dos assuntos com mais publicações mundialmente sobre *Physalis* sp. são a respeito dos fitoquímicos presentes nas plantas.

Figura 2. Número de publicações sobre *Physalis* sp. em periódicos indexados no *Web of Science* sem recorte temporal.



Verificando as 42 publicações da *Phytochemistry* e do *Journal of Natural Products*, a maioria se trata de withanolides (vitanolidos), fisalinas, alcaloides e flavonoides e são baseados em estudos aprofundados sobre esses compostos extraídos das plantas de *physalis*. A publicação classificada como de maior relevância pelo número de citações dentro da plataforma, na *Phytochemistry* é “Chemotaxonomy and geographical distribution of tropane alkaloids” (Griffin; Lin, 2000), que possui 173 citações. No *Journal of Natural Products*, que além de estudos sobre os compostos traz discussões sobre suas aplicações, o trabalho considerado mais relevante é “Isolation, structures, and structure-cytotoxic activity relationships of withanolides and physalins from *Physalis angulata*” (Damu et al., 2007), que possui 100 citações.

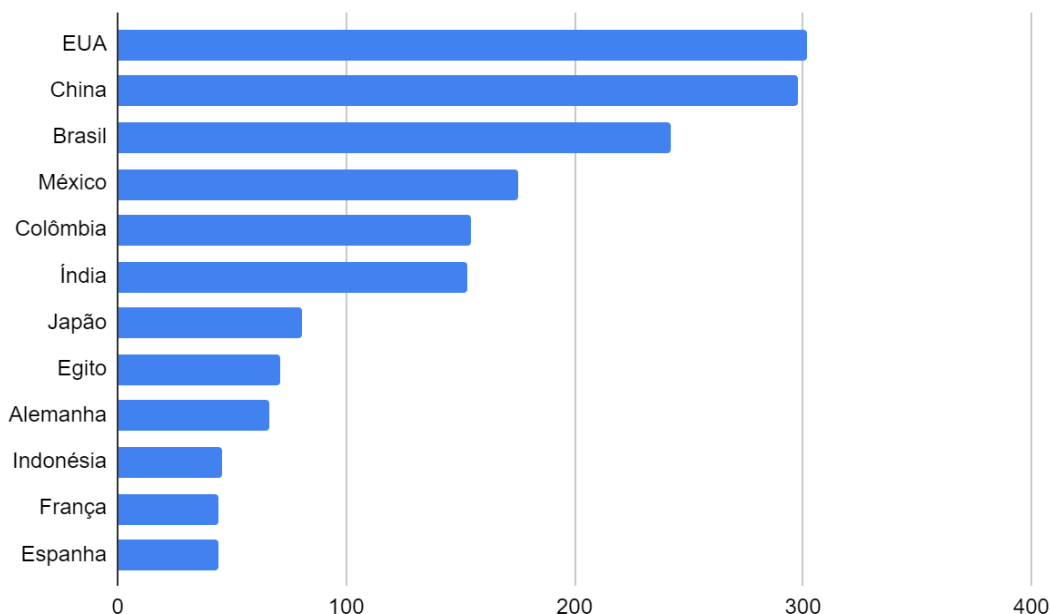
A mesma temática de estudo foi observada no terceiro e no quinto principais periódicos, *Journal of Ethnopharmacology* e *Planta Medica*, com aplicações farmacológicas em diversas áreas (antitumorais, antiinflamatórias,

antidiabetes, etc). No primeiro, *Journal of Ethnopharmacology*, a publicação de maior relevância foi “Ethnobotanical survey of medicinal plants commonly used by Kani tribals in Tirunelveli hills of Western Ghats, India” (Ayyanar; Ignacimuthu, 2011), com 152 citações. Já no *Planta Medica*, se destacou o estudo “Natural inhibitors of carcinogenesis” (Kinghorn et al., 2004), com 133 citações.

Dentre os cinco principais periódicos, apenas o *Plant Disease* trata de uma abordagem diferente, mais voltada à área agrônômica (tanto nas Categorias WoS quanto nas Áreas de Pesquisa constam apenas como “*Plant Sciences*”), abordando doenças dessas plantas, possíveis vetores e microrganismos patógenos. A publicação de maior relevância desse periódico é “A new expanded host range of *Cucurbit yellow stunting disorder virus* includes three agricultural crops” (Wintermantel et al., 2009), com 47 citações.

Dos cinco países que mais publicam sobre *Physalis* sp., destacam-se os Estados Unidos em primeiro com 302 publicações, seguidos pela China (298), Brasil (242), México (175), Colômbia (155) e por último a Índia, com 153 publicações (Figura 3). Dentre os dez primeiros, os únicos países da América do Sul são Brasil e Colômbia, embora os frutos sejam originários dessa região.

Figura 3. Países que mais publicaram sobre *Physalis* sp. segundo o *Web of Science* sem recorte temporal.

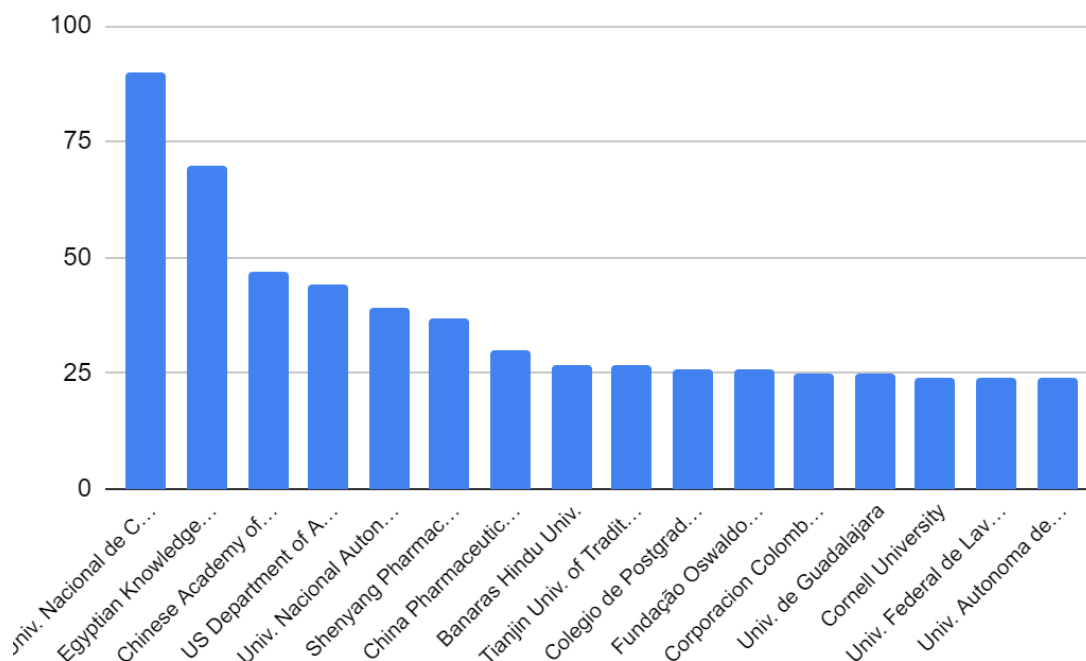


Das 242 publicações sobre *Physalis* sp. feitas pelo Brasil, observa-se um predomínio na área agrônômica como tema de publicação, tendo *Plant Sciences* 49 publicações tanto nas Categorias WoS quanto nas Áreas de Pesquisa, *Agriculture* 101 nas Áreas de Pesquisa, *Agronomy* 42, *Agriculture Multidisciplinary* com 38 e *Horticulture* com 34 nas Categorias WoS, discutindo, entre outros temas, os sistemas de condução e técnicas de cultivo de *Physalis* sp. As três publicações de maior relevância feitas pelo Brasil segundo a plataforma são “Identification and Quantification of Carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from amazonian fruits” (De Rosso; Mercadante, 2007), que possui 325 citações; “Inhibition of macrophage activation and lipopolysaccharide-induced death by seco-steroids purified from *Physalis angulata* L.” (Soares et al., 2003), com 110 citações e “Antimycobacterial physalins from *Physalis angulata* L. (Solanaceae)” (Januário et al., 2002), com 79 citações.

Das instituições que mais publicaram sobre *Physalis* sp. mundialmente, destaca-se, em primeiro lugar, a Universidad Nacional de Colombia, com 90 publicações, em segundo a Egyptian Knowledge Bank (EKB) (70), em terceiro a Chinese Academy of Sciences (47), em quarto a United States Department of

Agriculture (USDA) (44), e em quinto a Universidad Nacional Autonoma de Mexico (39) (Figura 4). Do Brasil, a única que aparece entre as dez primeiras é a Fundação Oswaldo Cruz, com 26 publicações.

Figura 4. Instituições mundiais que mais publicaram sobre *Physalis* sp. segundo o *Web of Science* sem recorte temporal.



Das publicações das principais instituições, tanto na Universidad Nacional de Colombia quanto na Chinese Academy of Science, a maioria também se trata sobre fitoquímicos extraídos das plantas de *Physalis* sp., potenciais aplicações farmacológicas e também estudos de biologia molecular, assim como na Egyptian Knowledge Bank, e na Fundação Oswaldo Cruz. Já na instituição norte-americana, a quarta com mais publicações, United States Department of Agriculture (USDA), além de alguns estudos nesses mesmos temas, há também uma tendência maior para estudos na área agrônômica, com publicações voltadas ao cultivo e práticas agrícolas.

As principais instituições brasileiras que publicaram sobre *Physalis* sp. além da Fundação Oswaldo Cruz são: Universidade Federal de Lavras (UFLA-MG) com 24 publicações, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS-BA) com 23, Universidade de São Paulo (USP-SP) com 22 e Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) com 20 publicações.

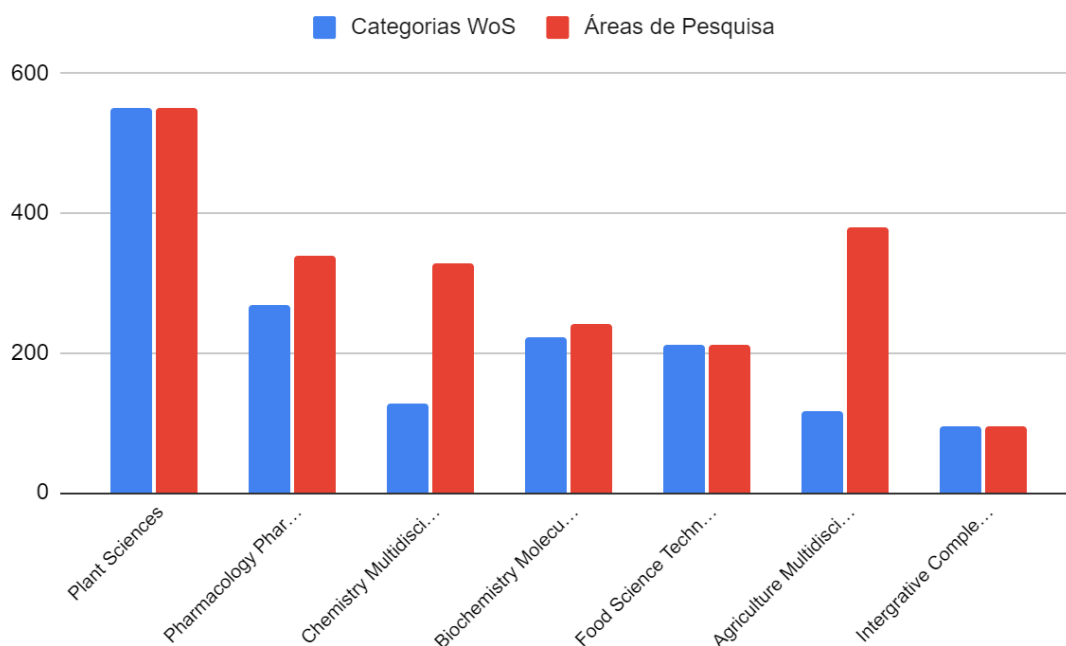
Analisando conjuntamente os filtros de “Categorias da WoS” e “Áreas de pesquisa”, é possível observar que predominam como temas de pesquisa sobre plantas de *Physalis* sp. pesquisas agronômicas (*Agriculture*, com 379 nas Áreas de Pesquisa e *Agronomy* com 187 nas Categorias), farmacológicas/químicas (farmacologia com 270 publicações nas Categorias WoS e 339 nas Áreas de Pesquisa; química medicinal com 237 nas Categorias WoS e química com 329 nas Áreas de Pesquisa), biologia molecular (224 nas Categorias WoS e 243 nas Áreas de Pesquisa) e ciência e tecnologia dos alimentos (213 nas Categorias WoS e nas Áreas de Pesquisa) (Figura 5).

Isso também se nota na observação dos tópicos médios e microtópicos de citação, em que há uma clara predominância de publicações sobre fitoquímicos presentes nos frutos (812 nos tópicos médios), seguidos de um conjunto de publicações agronômicas (208 sobre fitotecnia, 166 sobre virologia da planta, 65 sobre entomologia).

De fitotecnia, o artigo de maior relevância segundo a plataforma é “Heterotopic expression of *MPF2* is the key to the evolution of the Chinese lantern of *Physalis*, a morphological novelty in Solanaceae” (He; Saedler, 2005), com 72 citações. De virologia da planta é “Detection and distribution of geminiviruses in Mexico and the southern United States” (Torres-Pacheco et al., 1996), com 95 citações; De entomologia é “Genomic resources for *Myzus persicae*: EST sequencing, SNP identification, and microarray design” (Ramsey et al., 2007), com 93 citações.

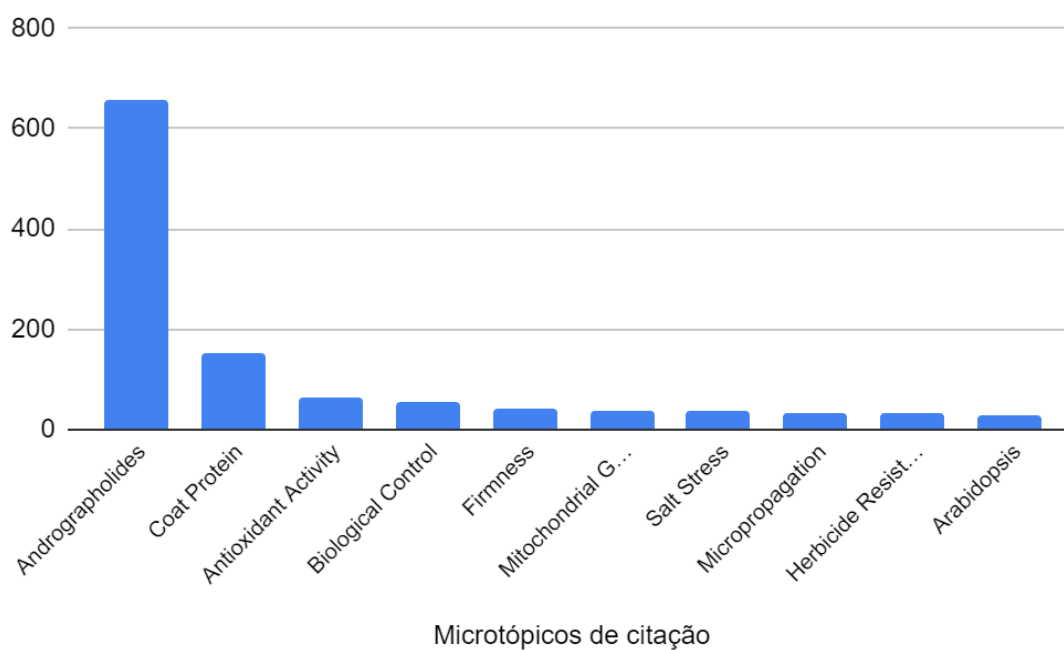
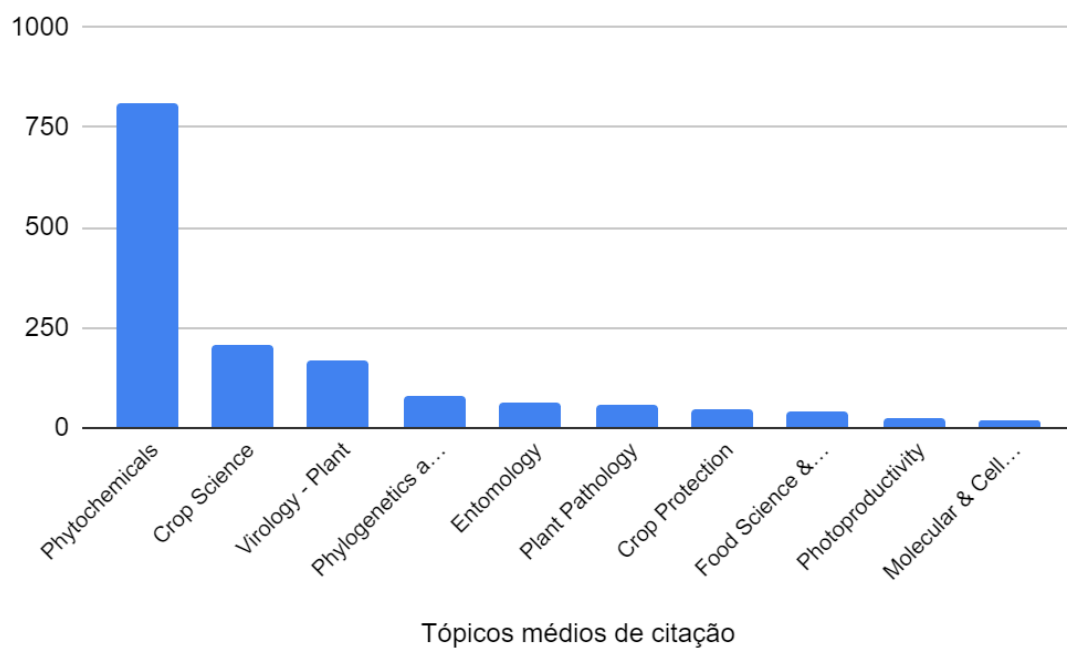
No quarto principal dos tópicos médios de citação, estão 81 publicações sobre filogenética e genômica, reafirmando a importância dos estudos dessas plantas na área de biologia molecular. As publicações de maior relevância dentro desse tópico são “Untangling *Physalis* (Solanaceae) from the physaloids: A two-gene phylogeny of the physalinae” (Whitson; Manos, 2005) e “Eocene lantern fruits from Gondwanan Patagonia and the early origins of Solanaceae” (Wilf et al., 2017), ambas com 69 citações.

Figura 5. Principais temas de pesquisa sobre *Physalis* sp. nas Categorias *Web of Science* e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal.



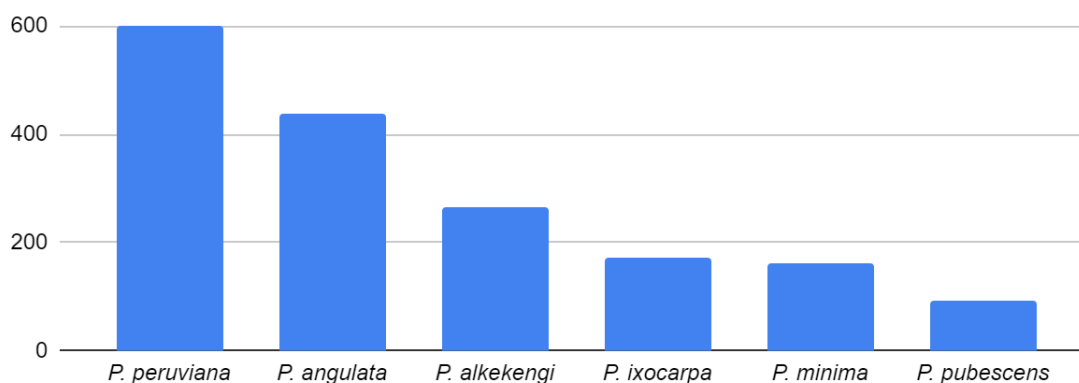
Os principais tópicos médios de citação e microtópicos podem ser vistos respectivamente nos gráficos apresentados na Figura 6. Dentre os microtópicos em que *Physalis* sp. é pesquisada, se destacam 659 publicações sobre andrografolides, que são diterpenóides isolados de plantas, 152 publicações sobre a proteína do cálice do fruto e 64 de atividade antioxidante, reforçando a predominância de publicações sobre composição química e propriedades farmacológicas, 53 sobre controle biológico e 42 sobre firmeza do fruto. Isso demonstra mais uma vez que o destaque das publicações se concentra nesse tema.

Figura 6. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre *Physalis* sp. no *Web of Science* sem recorte temporal.



As espécies de *Physalis* com maior número de publicações indexadas na plataforma *Web Of Science* são, em ordem decrescente: *P. peruviana*, *P. angulata*, *P. alkekengi*, *P. ixocarpa*, *P. minima* e *P. pubescens* (Figura 7).

Figura 7. Número de publicações sobre as espécies de physalis mais pesquisadas indexadas à plataforma *Web of Science* sem recorte temporal.



2.3.1.2 Análise de desempenho com base em publicações sobre *Physalis peruviana*

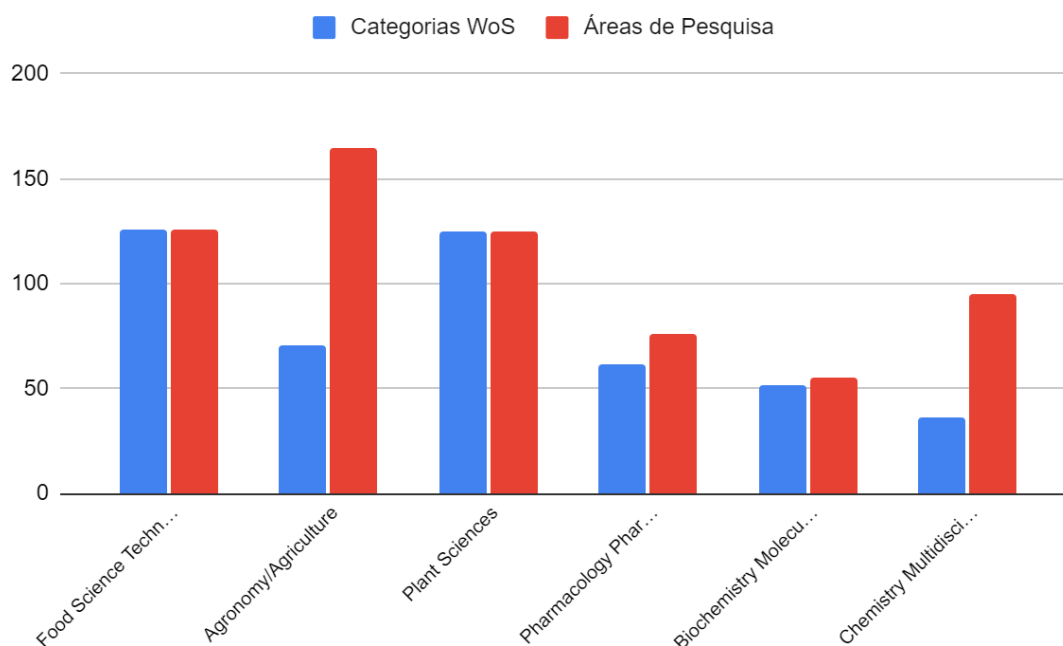
Dentre as espécies de physalis, a mais pesquisada é a *Physalis peruviana*, tendo 602 publicações na base de dados apenas de publicações sobre ela. Entre as publicações, analisando conjuntamente as “Categorias WoS” e “Áreas de Pesquisa”, consta como área mais pesquisada *Agriculture* (165 publicações, sendo 71 na categoria de agronomia e 69 de horticultura), além dos 125 de *Plant Sciences*. Ciência e tecnologia de alimentos se destaca em ambos os critérios como um dos temas mais pesquisados com 126 publicações, assim como farmacologia com 76 (Figura 8).

Dentro da área *Agriculture*, as publicações mais citadas são “Differentiation between lutein monoester regioisomers and detection of lutein diesters from marigold flowers (*Tagetes erecta* L.) and several fruits by liquid chromatography-mass Spectrometry” (Breithaupt; Wirt; Bamedi, 2002), com 135 citações e “Oil goldenberry (*Physalis peruviana* L.)” (Ramadan; Morsel, 2003), com 85 citações, ambas publicadas pelo *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

As duas publicações mais relevantes segundo a plataforma sobre essa espécie são “Withanolides and related ergostane-type steroids” (Glotter, 1991) e “*Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review” (Puente et al., 2011), que constam respectivamente nos periódicos *Natural Product Reports* e *Food Research International*. O primeiro artigo possui 199 citações e pertence às categorias de bioquímica e biologia

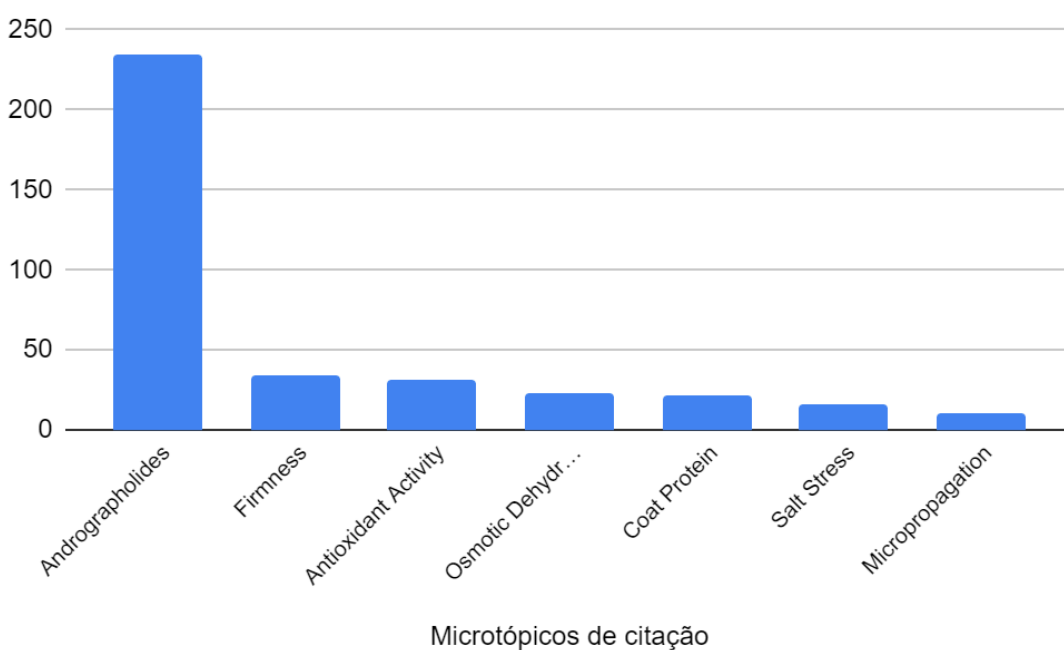
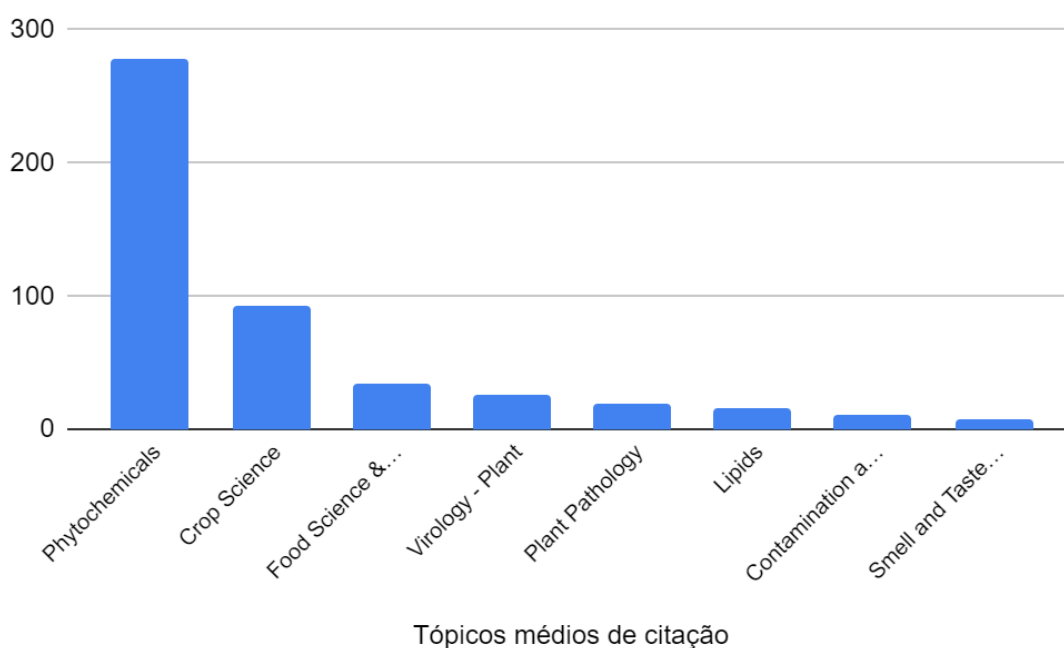
molecular/farmacologia, enquanto o segundo possui 178 e pertence à categoria de ciência e tecnologia de alimentos. Na categoria de ciência e tecnologia de alimentos, depois do artigo de Puente et al. (2011), o segundo mais citado foi “Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview” (Ramadan, 2011), também publicado pela *Food Research International* e possui 141 citações.

Figura 8. Principais temas de pesquisa sobre *Physalis peruviana* nas Categorias *Web of Science* e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal.



Analisando os tópicos médios de citação (Figura 9), o assunto mais estudado é de fitoquímicos (278), confirmado pelos microtópicos, em que se destacam novamente pesquisas em andrografolides (234), firmeza do fruto (34), atividade antioxidante (31) e proteína do cálice do fruto (22). Ainda nos tópicos médios, consta em seguida temas agrônômicos como a fitotecnia (93), virologia (26) e patologia das plantas (20), além de ciência e tecnologia dos alimentos (35).

Figura 9. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre *Physalis peruviana* no Web of Science sem recorte temporal.



A partir dessa análise, é possível observar que a *Physalis peruviana* é principalmente estudada no âmbito de tecnologia de alimentos e agrônômico, embora também seja explorada na composição química para aplicações farmacológicas.

Segundo os filtros do WoS, o país que mais publicou sobre essa espécie foi a Colômbia (144 publicações), com a instituição Universidad Nacional de

Colombia (85 publicações). O periódico com maior número de publicações é o *Phytochemistry*, com 15, e o pesquisador que mais publicou foi o indiano Ananda Bibek Ray (Ray, A. B.) com 16 publicações.

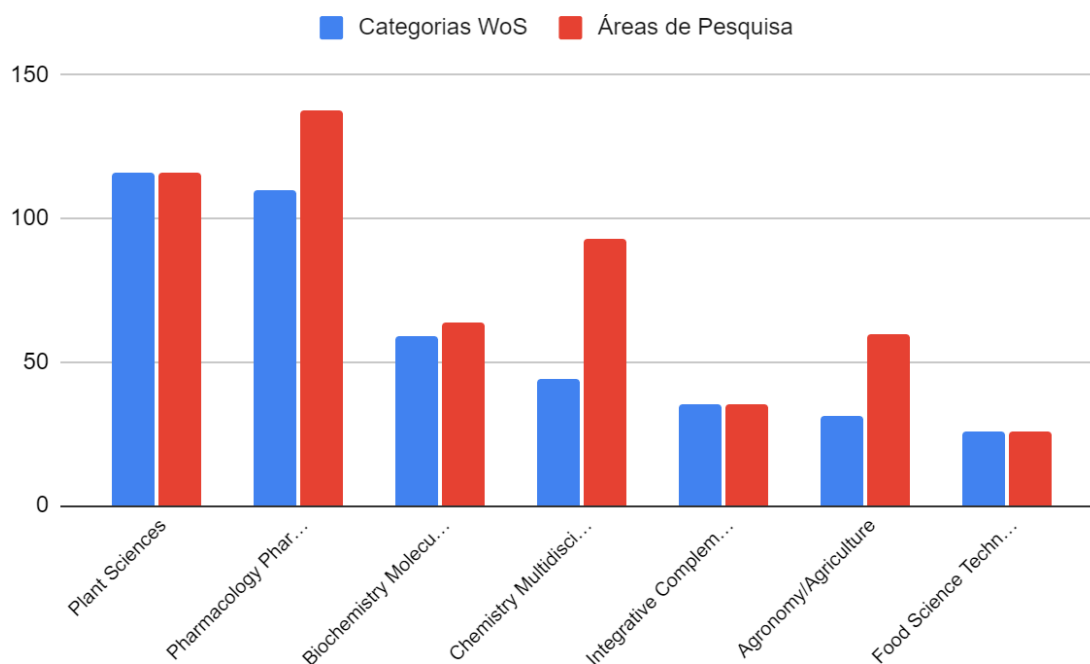
2.3.1.3 Análise de desempenho com base em publicações sobre *Physalis angulata*

Sobre a espécie de *Physalis angulata*, são ao todo 437 publicações de pesquisa. Nos assuntos que se destacam entre as Categorias WoS e Áreas de Pesquisa, os dois principais são *Plant Sciences* (116) e farmacologia (com 110 publicações nas categorias e 138 nas áreas de pesquisa), química medicinal (98) e bioquímica e biologia molecular (59 nas categorias, 64 nas áreas de pesquisa). Nas categorias WoS, o quinto tema mais pesquisado dessa espécie é química multidisciplinar com 44 publicações, e nas áreas de pesquisa, é agricultura, com 60 (Figura 10).

O artigo mais citado dessa espécie foi “Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants” (Edeoga; Okwu; Mbaebie, 2005), que teve 826 citações e foi publicado no periódico *African Journal of Biotechnology*. Esse estudo também foi o mais citado sobre physalis em geral, independente da espécie.

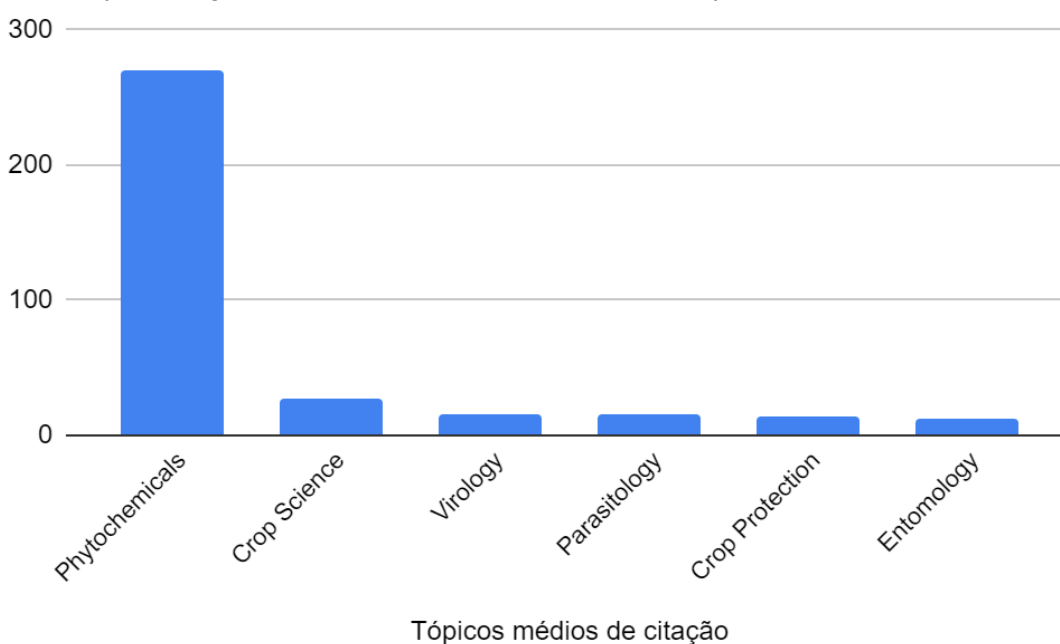
Tanto em *Plant Sciences*, como em farmacologia e química medicinal, a publicação que mais se destacou para essa espécie foi “Antigonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually-transmitted diseases” (Caceres et al., 1995). Esse estudo foi publicado pela *ChemBiochem* e teve 135 citações.

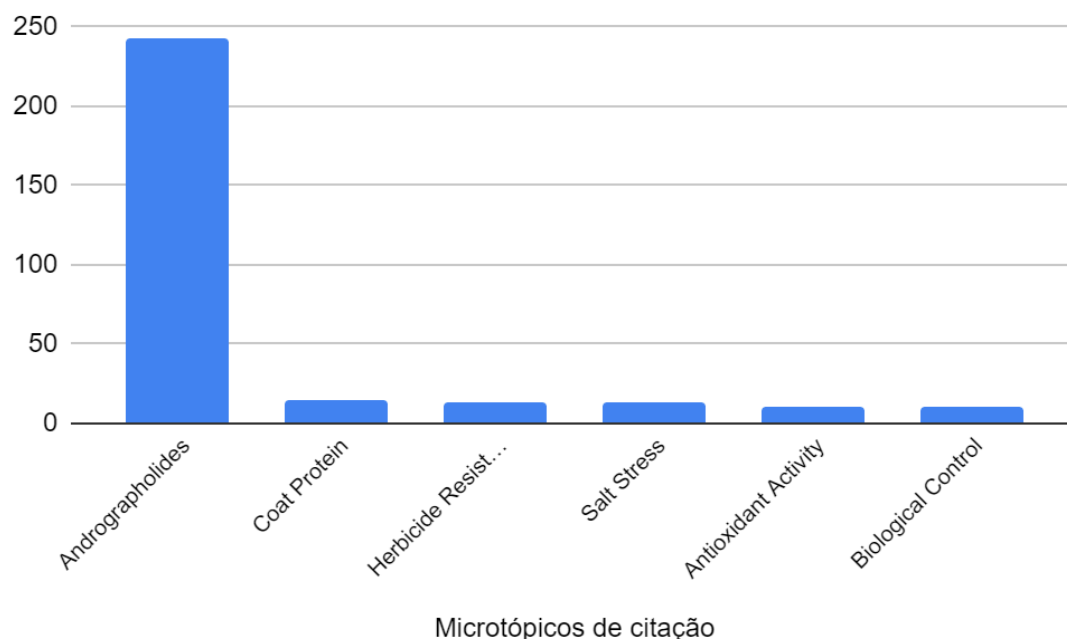
Figura 10. Principais temas de pesquisa sobre *Physalis angulata* nas Categorias *Web of Science* e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal.



Nos tópicos médios de citação (Figura 11), como tópico principal, estão os fitoquímicos, com 270 publicações, seguidos de fitotecnia com 27; virologia da planta em terceiro com 16, depois parasitologia (trypanosoma e leishmania) com 15, proteção da planta com 14 e por último entomologia com 13.

Figura 11. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre *Physalis angulata* no *Web of Science* sem recorte temporal.





Já nos microtópicos, permanecem em primeiro, assim como na pesquisa geral da planta, os andrografolides, com 243 publicações, as proteínas do cálice com 15, resistência a herbicidas e estresse salino empatados com 13, e atividade antioxidante empatada com controle biológico, ambos com 11.

A partir dessa análise, é possível observar que a *Physalis angulata* é altamente pesquisada no âmbito farmacológico e fitoquímico por conhecida possuir propriedades medicinais, embora também seja utilizada em menor proporção para pesquisas agrônômicas de fitotecnia e biologia molecular.

Segundo os filtros do WoS, o país que mais publicou sobre essa espécie foi o Brasil, com 108 publicações, o que faz sentido por ser uma espécie nativa. A instituição mais prolífica foi a Fundação Oswaldo Cruz com 26 publicações, o periódico foi o *Journal of Ethnopharmacology* com 18 publicações e a pesquisadora foi a brasileira Therezinha Coelho Barbosa Tomassini (Tomassini, T. C. B.) com 21 publicações.

2.3.1.4 Análise de desempenho com base em publicações sobre *Physalis alkekengi*

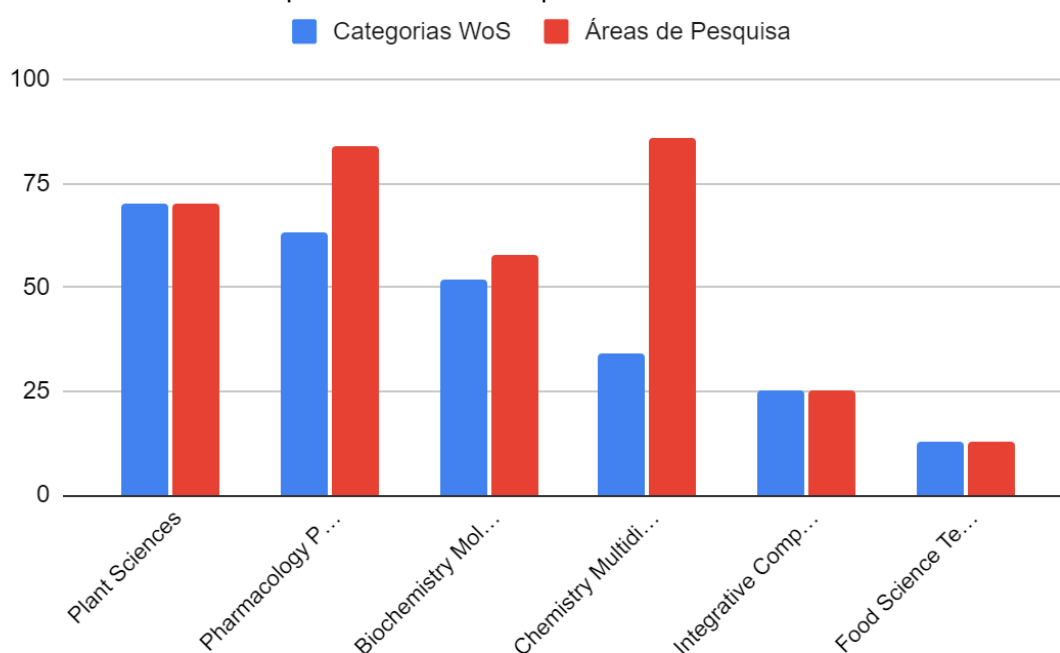
Na espécie *Physalis alkekengi*, com 267 publicações, os temas mais citados nas Categorias WoS são *Plant Sciences*, com 70 publicações, seguidos

por farmacologia, com 63 publicações nas Categorias WoS e 84 nas Áreas de Pesquisa (perdendo apenas para química, que nas Áreas de Pesquisa tem 86). Nas Categorias WoS, em terceiro está química medicinal, com 59, bioquímica e biologia molecular com 52 em quarto (nas Áreas de Pesquisa com 58) e em quinto, química multidisciplinar com 34 (Figura 12).

As publicações mais citadas para essa espécie foram “Polysaccharides from fruit calyx of *Physalis alkekengi* var. *francheti*: Isolation, purification, structural features and antioxidant activities” (Ge et al., 2009) e “Identification and quantification of zeaxanthin esters in plants using liquid chromatography-mass spectrometry” (Weller; Breithaupt, 2003). O primeiro foi publicado pelo periódico *Carbohydrate Polymers* e teve 146 citações, enquanto o segundo foi publicado no *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, com 124 citações.

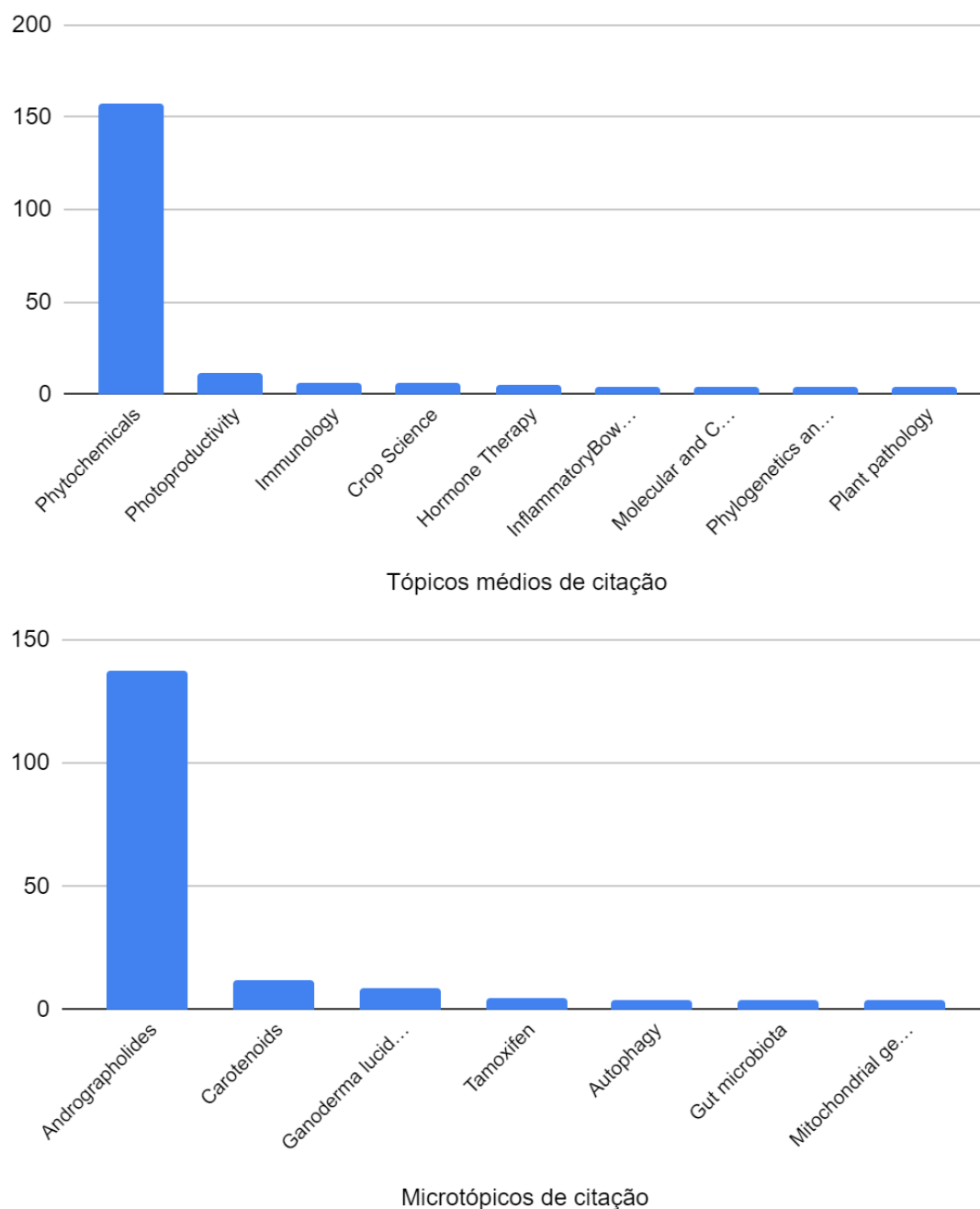
Tanto em *Plant Sciences*, quanto em farmacologia e química medicinal, a publicação de maior relevância é “Steroids and flavonoids from *Physalis alkekengi* var. *franchetii* and their inhibitory effects on nitric oxide production” (Qiu et al., 2008), que teve 92 citações e foi publicado pelo *Journal of Natural Products*.

Figura 12. Principais temas de pesquisa sobre *Physalis alkekengi* nas Categorias *Web of Science* e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal.



Nos tópicos médios de citação, os temas mais citados são na área de fitoquímicos (157), seguidos em muito menor proporção por publicações de fotoprodutividade (12), imunologia e fitotecnia (ambos com 6), e terapia hormonal com 5 (Figura 13).

Figura 13. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre *Physalis alkekengi* no *Web of Science* sem recorte temporal.



Nos microtópicos, se destacam novamente os andrografolides com 137 publicações, seguidas em muito menor proporção por carotenoides com 12,

Ganoderma lucidum (um cogumelo asiático utilizado por suas propriedades medicinais) com 9, Tamoxifen (um hormônio considerado modulador seletivo do receptor de estrogênio, o que justifica o tópico médio da terapia hormonal) com 5 e autofagia com 4.

Assim como para *P. angulata*, a *Physalis alkekengi* também é mais amplamente pesquisada no âmbito farmacológico e fitoquímico. Esta espécie também possui estudos agrônômicos, porém em menor proporção.

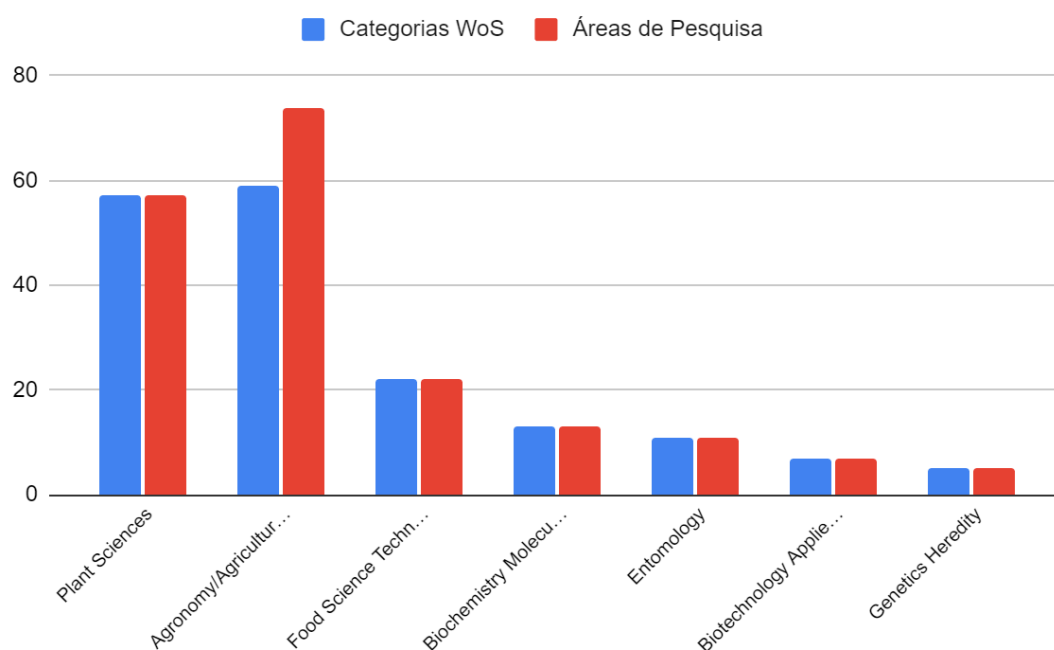
Segundo os filtros do WoS, essa espécie teve mais publicações da China com 126 publicações, da instituição Zhejiang University com 15 publicações, no *Journal of Ethnopharmacology* com 11 publicações, e do pesquisador chinês Butsugan (Butsugan, Y.), com 13 publicações.

2.3.1.5 Análise de desempenho com base em publicações sobre *Physalis ixocarpa*

Sobre a espécie *P. ixocarpa* há 173 publicações, sendo *Plant Sciences* (57 publicações) o assunto mais pesquisado segundo as “Categorias WoS” e “Áreas de Pesquisa”, seguido por assuntos correlatos à área agrônômica (*Agronomy* com 39 publicações, *Horticulture* com 30 e *Agriculture multidisciplinary* com 20, e entomologia com 11 nas categorias, *Agriculture* ficando em primeiro com 74 publicações nas áreas de pesquisa). Além desses tópicos, constam em ambos os critérios 22 publicações sobre ciência e tecnologia de alimentos, 13 sobre bioquímica e biologia molecular, 7 sobre microbiologia aplicada à biotecnologia e 5 de genética (Figura 14).

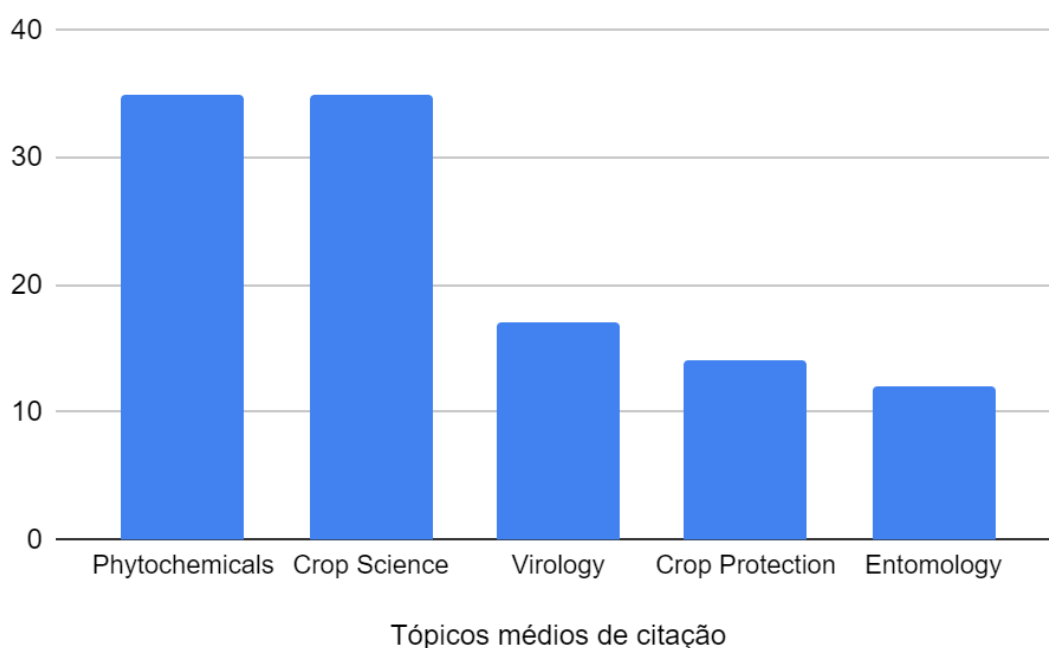
A publicação mais citada sobre essa espécie é “Microbiome engineering to improve biocontrol and plant growth-promoting mechanisms” (Orozco-Mosqueda et al., 2018), que possui 179 citações e foi publicada pela *Microbiological Research*. Em ciência e tecnologia de alimentos, a publicação mais citada foi “Plant growth inhibitory activity of p-hydroxyacetophenones and tremetones from Chilean endemic Baccharis species and some analogous: A comparative study” (Céspedes et al., 2002), que foi publicada pela *Journal of Agricultural and Food Chemistry* e citada 43 vezes.

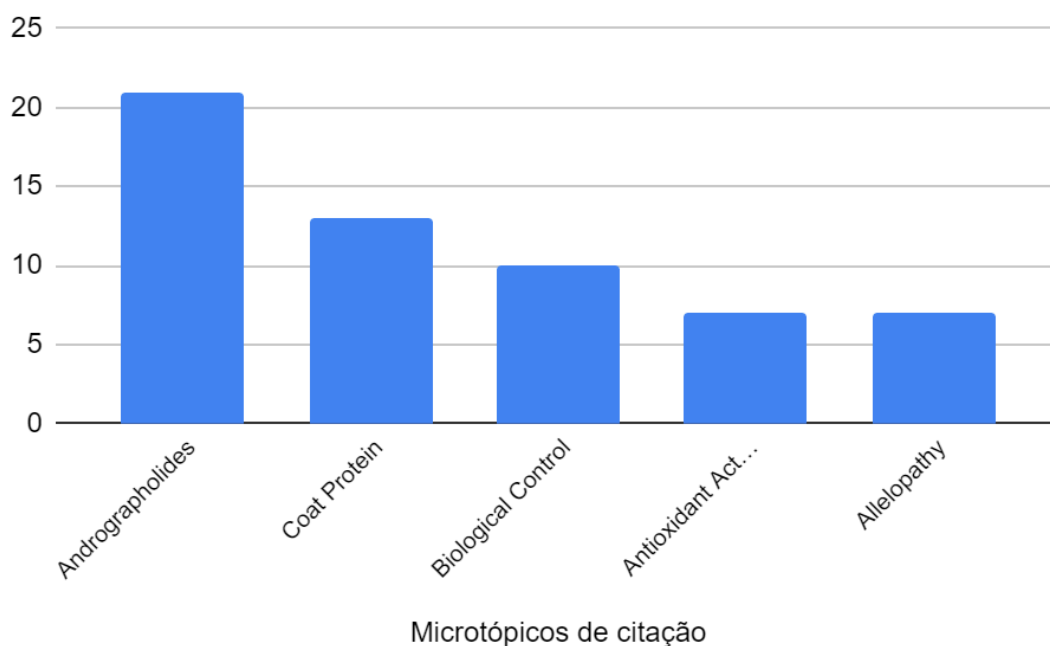
Figura 14. Principais temas de pesquisa sobre *Physalis ixocarpa* nas Categorias do *Web of Science* e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal.



Nos tópicos médios de citação, o tema mais abordado também são os fitoquímicos com 35 publicações, empatado com fitotecnia. Os microtópicos confirmam os fitoquímicos, com andrografolides em primeiro com 21 publicações. O segundo tema mais abordado é virologia das plantas (17), seguido por proteção da cultura (14) e entomologia (12) (Figura 15).

Figura 15. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre *Physalis ixocarpa* no *Web of Science* sem recorte temporal.





Nos microtópicos de citação, além dos andrografolides, os temas mais pesquisados são proteína do cálice (13), controle biológico (10), um empate entre atividade antioxidante, alelopatia e bactérias promotoras de crescimento com 7 publicações cada e por último outro empate entre resistência a herbicidas, micropropagação e estresse salino com 6 publicações cada.

A partir de todas essas observações, é possível determinar que a espécie *P. ixocarpa* é predominantemente pesquisada na área agrônômica, embora também tenha aplicações em menor proporção na área de fitoquímicos e ciência dos alimentos.

Segundo o WoS, o país que mais publicou sobre essa espécie foi o México, com 95 publicações, e a instituição foi Universidad Nacional Autonoma de Mexico com 17 publicações. O principal periódico foi *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* com 8 publicações e autores mais prolíficos foram Blas Lotina-Henssen (Lotina-Henssen, B.) e Leszek Stanislaw Jankiewicz (Jankiewicz, L. S.) com 8 publicações cada.

2.3.1.6 Análise de desempenho com base em publicações sobre *Physalis minima* / *P. lagascae*

Segundo Raju, Reddy e Rajarao (2007), *Physalis minima*, uma das espécies com mais publicações no *Web of Science* com 160 registros, é uma

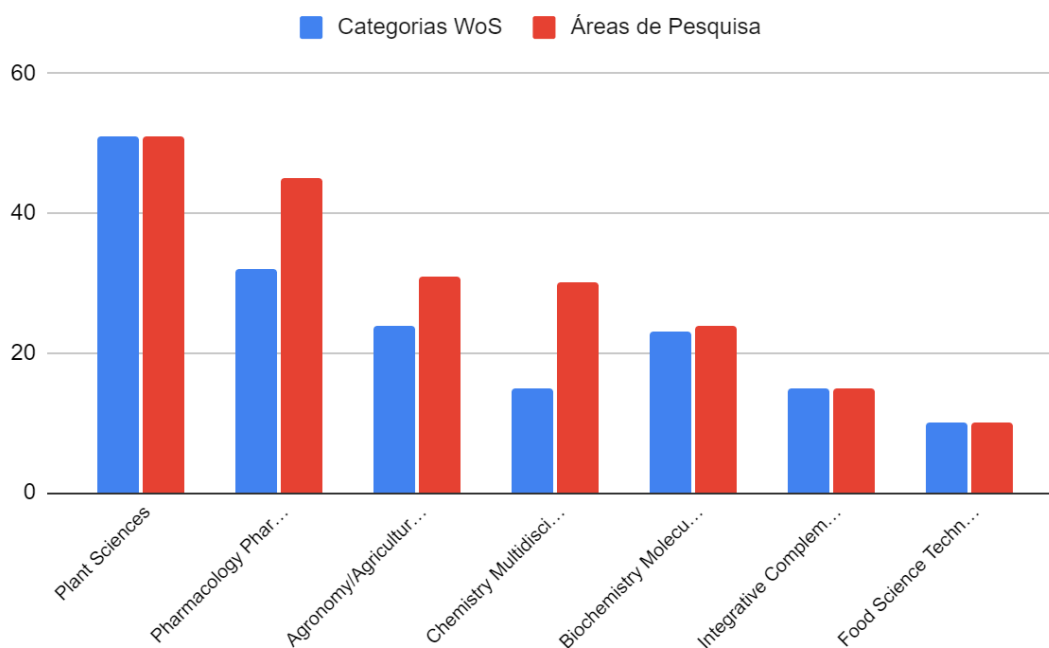
denominação incorreta para a espécie *Physalis lagascae*, que possui apenas 5 registros. Dessa forma, essa análise de desempenho será feita apenas sobre a denominação *Physalis minima*, pois a quantidade de publicações justifica a necessidade de uma análise bibliométrica, diferentemente da denominação correta.

Dentre os temas mais pesquisados sobre a espécie *P. minima*, considerando as Categorias WoS e Áreas de Pesquisa, o com maior número de publicações é *Plant Sciences*, com 51 em ambos. Nas áreas de pesquisa, o segundo maior é farmacologia com 45 (possui 32 nas categorias), enquanto nas categorias é química medicinal com 34. Bioquímica e biologia molecular é o próximo, constando 23 nas categorias e 24 nas áreas de pesquisa (Figura 16).

As duas publicações mais relevantes pelo número de citações para essa espécie são as já citadas “Withanolides and related ergostane-type steroids” (Glotter, 1991) e “Ethnobotanical survey of medicinal plants commonly used by Kani tribals in Tirunelveli hills of Western Ghats, India” (Ayyanar; Ignacimuthu, 2011).

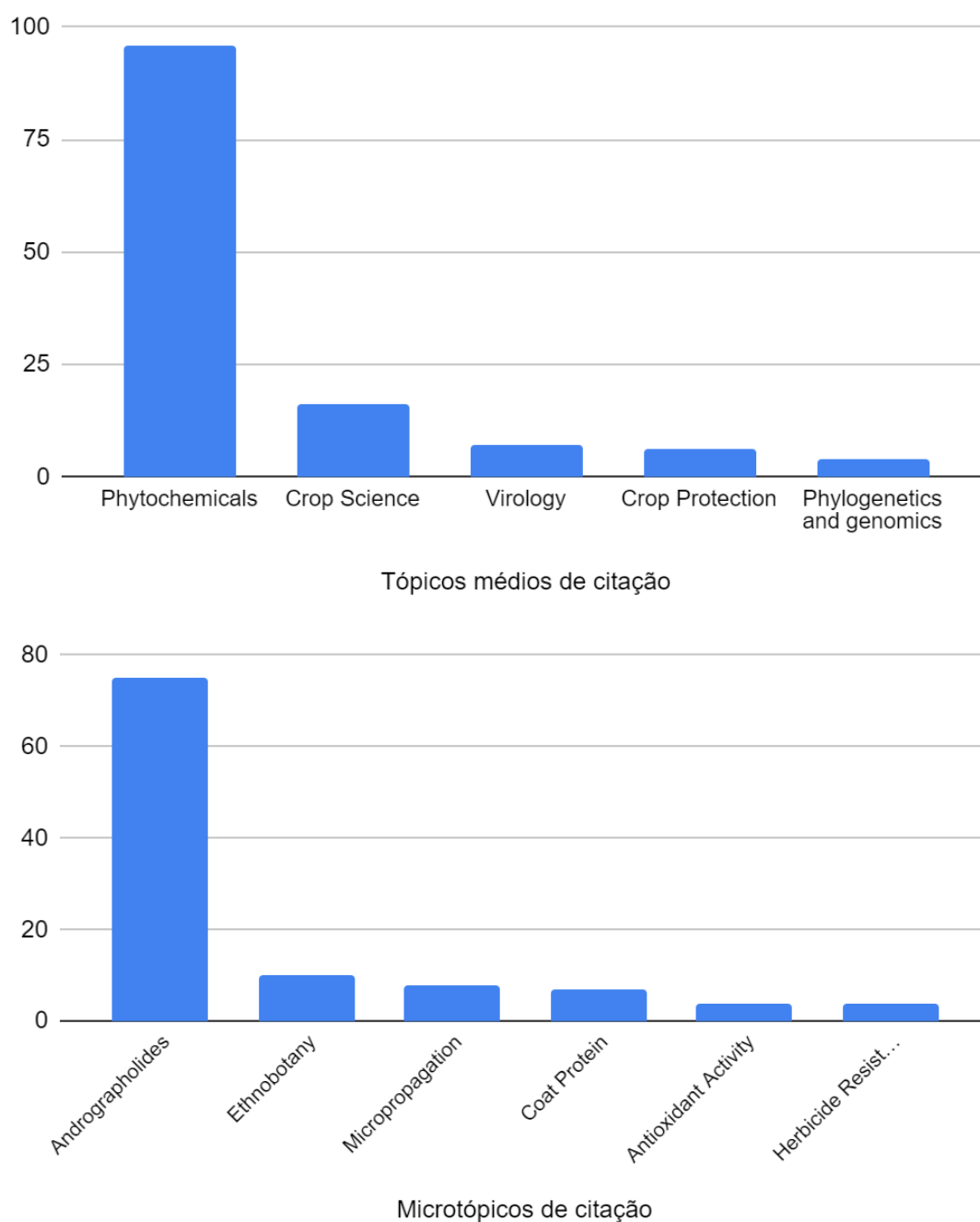
Em *Plant Sciences*, o segundo artigo mais citado, após o de Ayyanar e Ignacimuthu (2011), foi “Cytotoxicity of plants from Malaysia and Thailand used traditionally to treat cancer” (Lee; Houghton, 2005), que também foi publicado no *Journal of Ethnopharmacology* e teve 149 citações. Em bioquímica e biologia molecular, o segundo mais citado, após Glotter (1991), foi “Naturally occurring small-molecule inhibitors of hedgehog/GLI-mediated transcription” (Hosoya et al., 2008), publicado pela *ChemBiochem* e citado 115 vezes.

Figura 16. Principais temas de pesquisa sobre *Physalis minima* nas Categorias *Web of Science* e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal.



Nos tópicos médios de citação (Figura 17), o com mais publicações também é o de fitoquímicos com 96 (confirmado novamente pelos microtópicos que o primeiro é andrografolides com 75), seguido em muito menor proporção por fitotecnia com 16, virologia das plantas com 7, proteção da cultura com 6 e filogenética e genômica com 4. Nos microtópicos, o segundo colocado é etnobotânica com 10, seguido por 8 de micropropagação e proteína do cálice com 7.

Figura 17. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre *Physalis minima* no *Web of Science* sem recorte temporal.



A partir dessa análise, é possível observar que a espécie *P. minima* é mais pesquisada no âmbito farmacológico, de química medicinal e bioquímica e biologia molecular e potenciais aplicações, embora também tenha pesquisas agrônômicas.

Segundo o WoS, o país que mais publica sobre a *P. minima* é a Índia, com 50 publicações, a instituição mais ativa é a China Pharmaceutical

University, com 10 publicações. A principal fonte de divulgação científica é o *Phytochemistry* com 10 publicações, e pesquisador mais prolífico é Ling-Yi Kong (Kong, L. Y.) com 9 publicações.

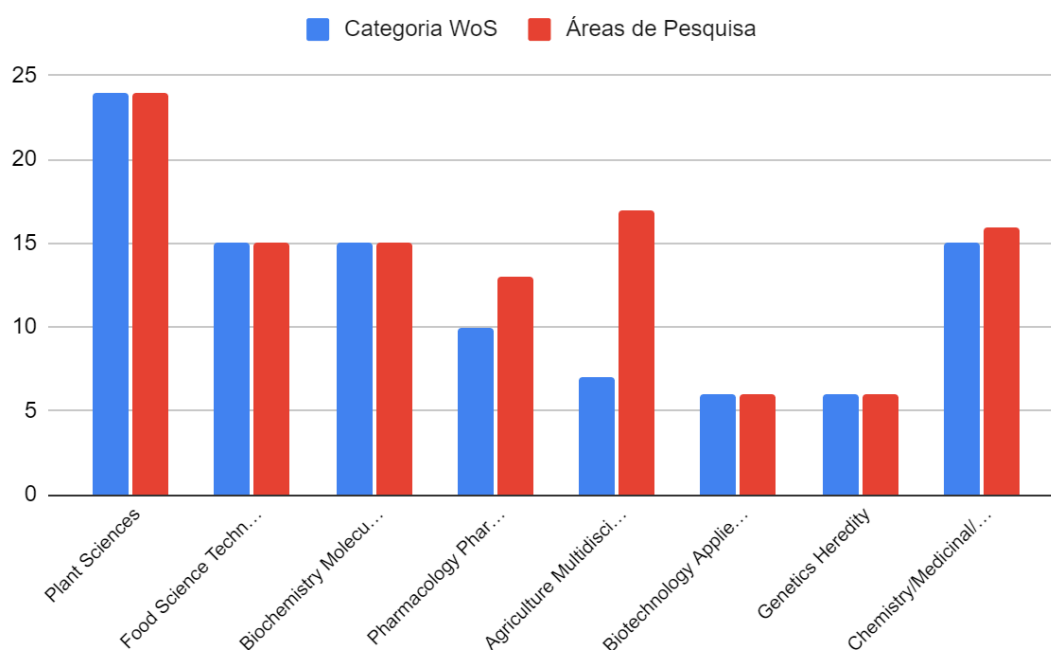
2.3.1.7 Análise de desempenho com base em publicações sobre *Physalis pubescens*

Na espécie *Physalis pubescens*, com apenas 94 publicações, o assunto mais pesquisado segundo as “Categorias WoS” e “Área de Pesquisa” é *Plant Sciences*, com 24 publicações em ambos. Em seguida, nas Áreas de Pesquisa está agricultura com 17, seguida por química com 16. Já nas Categorias WoS, em segundo está ciência e tecnologia dos alimentos com 15 em ambos assim como bioquímica e biologia molecular, e em último lugar farmacologia com 10 publicações e química medicinal com 9. Nas Áreas de Pesquisa, farmacologia tem 13 publicações (Figura 18).

Para essa espécie, a publicação que teve maior número de citações foi “The treatment of jaundice with medicinal plants in indigenous communities of the Sub-Himalayan region of Uttarakhand, India” (Sharma et al., 2012), que teve 78 citações e foi publicada pelo *Journal of Ethnopharmacology*.

Em *Plant Sciences*, o segundo artigo de maior relevância por número de citações para essa espécie após o de Sharma et al. (2012) foi “A centenary for bacterial spot of tomato and pepper” (Osdaghi et al., 2021), publicado por *Molecular Plant Pathology* e citado 37 vezes. Em ciência e tecnologia dos alimentos, o mais citado foi “Evaluation of Antihyperglycemia and Antihypertension Potential of Native Peruvian Fruits Using In Vitro Models” (Pinto et al., 2009), com 56 citações e publicado pelo *Journal of Medicinal Food*.

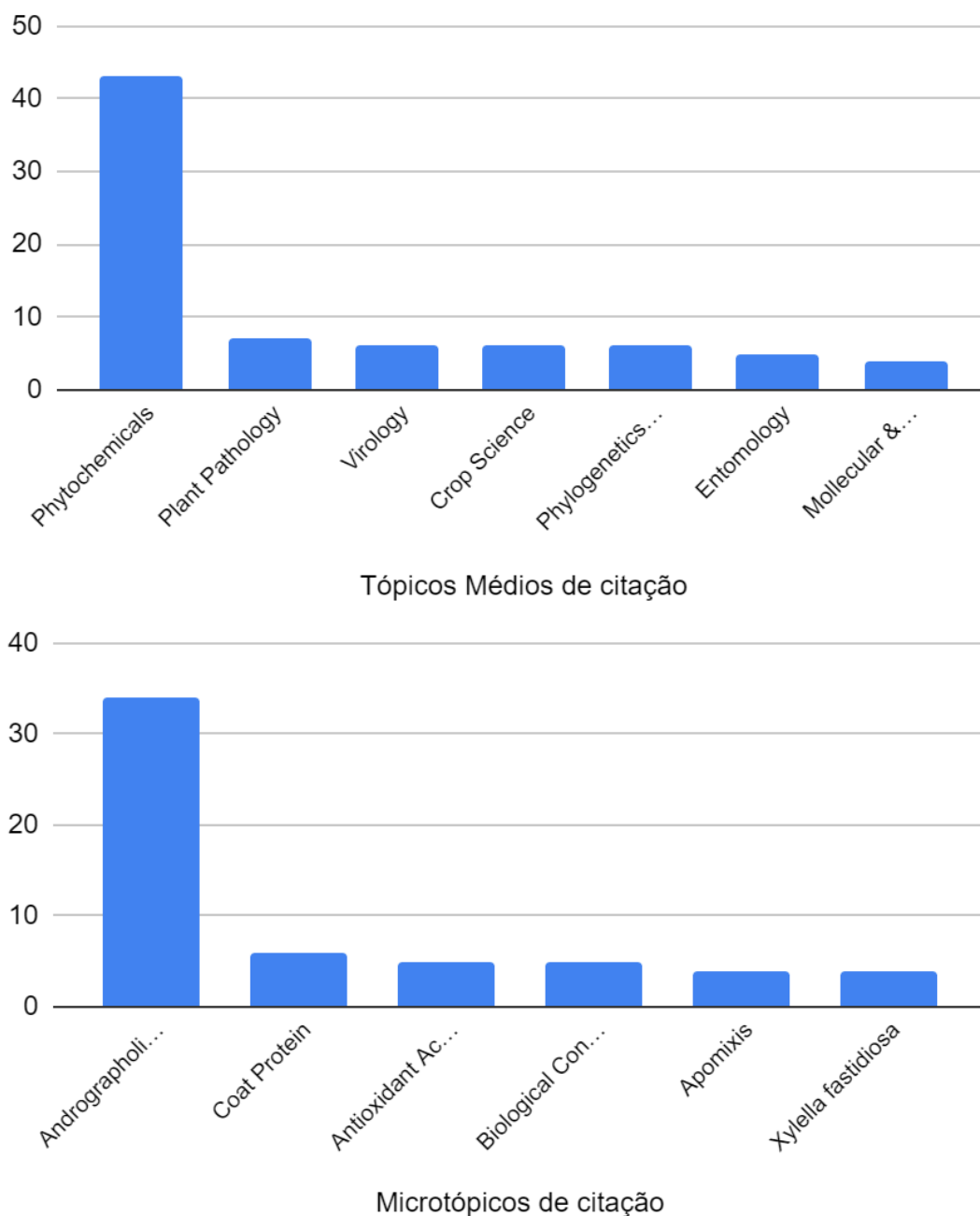
Figura 18. Principais temas de pesquisa sobre *Physalis pubescens* nas Categorias *Web of Science* e Áreas de Pesquisa sem recorte temporal.



Dentre os tópicos médios de citação, o tópico mais pesquisado também é o de fitoquímicos (43), novamente reforçado nos microtópicos pelos andrografolides (34 publicações nos microtópicos, seguido por proteína do cálice com 6). Em proporção menor estão os tópicos de patologia de plantas (7), virologia de plantas, fitotecnia, filogenética e genômica com 6 cada um, entomologia com 5 e por último biologia celular e molecular - câncer, autofagia e apoptose com 4 publicações (Figura 19).

Nos microtópicos, os últimos temas entre os cinco principais são controle biológico e atividade antioxidante com 5 publicações cada e um empate de apomixia, que é a reprodução sem fecundação, com 4 publicações, assim como *Xylella fastidiosa*, uma bactéria que é considerada praga em culturas de importância econômica.

Figura 19. Número de publicações com os principais tópicos médios e microtópicos de citação sobre *Physalis pubescens* no *Web of Science* sem recorte temporal.



A partir dessas análises, é possível observar que a *Physalis pubescens* é pesquisada tanto no âmbito agrônomo quanto em sua composição química, também sendo utilizada na biologia molecular.

Segundo os filtros do WoS, o país que mais publicou sobre essa espécie foi a China com 43 publicações. As instituições principais foram a Egyptian Knowledge Bank e a Shenyang Pharmaceutical University com 9 publicações cada. Os principais periódicos foram *Entomologia Experimentalis Et Applicata*,

Journal of Plant Pathology e *Plant Disease* com 3 publicações cada, e a pesquisadora mais prolífica foi a chinesa Li Xia Chen (Chen, L. X.) com 8 publicações.

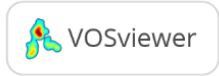
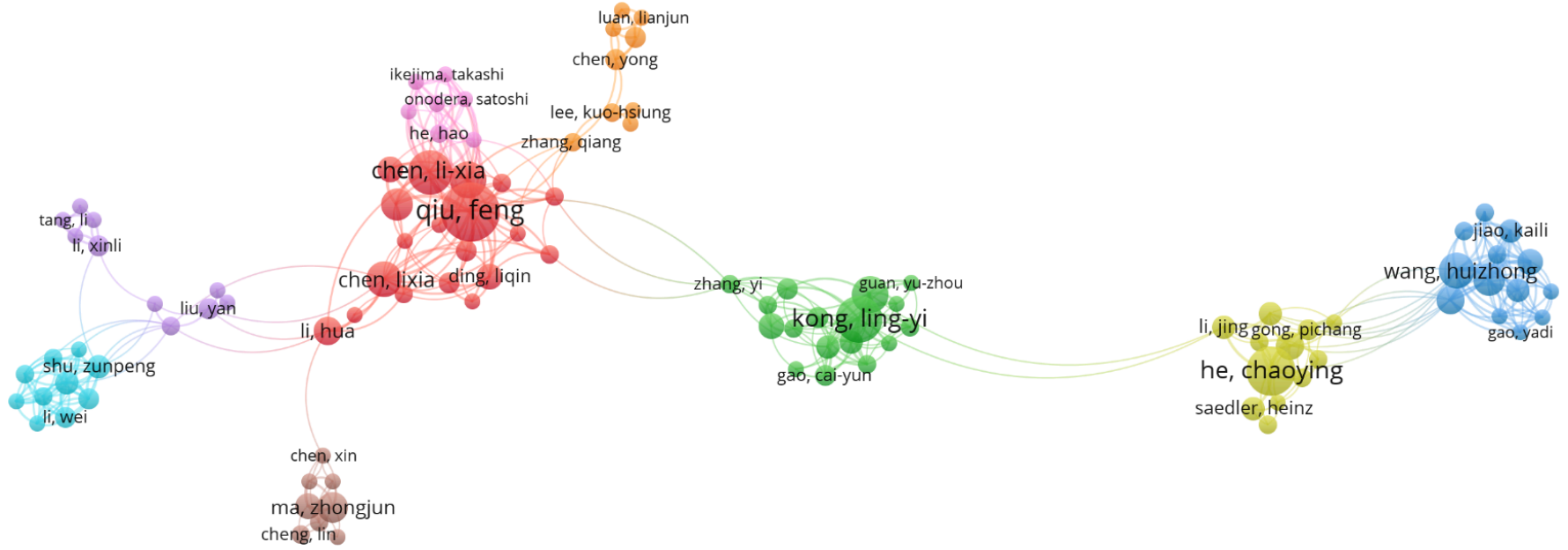
Com o levantamento feito em todas as espécies de *Physalis* selecionadas na etapa da análise de desempenho, foi possível observar de forma mais clara as diferentes abordagens de pesquisa para cada uma delas, em quais países, instituições e periódicos estão concentrados a maior parte dos estudos e de quais áreas específicas. Após essa análise detalhada, será apresentada, com mais profundidade, a relação entre os autores e palavras-chave com mais ocorrência de forma geral da pesquisa em *Physalis* sp. e para cada espécie separadamente.

2.3.2. Mapeamento científico

2.3.2.1 Mapeamento científico com base nas publicações sobre *Physalis* sp.

Para publicações sobre *Physalis* sp. independente da espécie, foram encontrados 7061 autores ao todo. Na confecção do mapa de co-autoria em pesquisas sobre *Physalis* sp., apenas 550 autores possuíam no mínimo três publicações sobre o tema, e entre esses, apenas 105 possuem ligação entre si, portanto, o mapa de co-autoria os apresenta divididos em nove clusters que possuem 423 ligações (Figura 20).

Figura 20. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre *Physalis* sp. produzido pelo VOSViewer constando os 105 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.



Os três principais autores segundo o mapa são Qiu, Kong e He, se destacando respectivamente nos clusters vermelho, verde e amarelo. O cluster vermelho, de Qiu, está ligado ao verde de Kong, porém, mais distante do amarelo de He, demonstrando que suas linhas de trabalho possuem menor similaridade. Há similaridade ainda menor com o grupo azul-escuro, liderado por Wang, que se localiza do lado oposto do mapa, próximo apenas ao cluster amarelo de He. Bem próximos ao grupo de Qiu, estão os clusters rosa e laranja, demonstrando maior conexão entre as pesquisas desses autores. Ainda ao lado de Qiu, estão os clusters azul claro, liderado por Shu, lilás, liderado por Li e Liu, e cinza, liderado por Ma, todos distantes respectivamente dos clusters de Kong, He, e por último Wang.

É possível visualizar que todos os grupos têm como destaque pesquisadores chineses, assim comprovado pela plataforma *Web of Science*, que mostra que os quatro pesquisadores que mais publicaram sobre *Physalis* são da China, sendo eles Chen, L. X. (Li-Xia Chen) com 28, Kong, L. Y. (Lingyi Kong) com 27, He, C. Y. (Chaoying He) com 22 e Qiu, F. (Feng Qiu) com 21 publicações. Isso também denota a importância da China na produção de pesquisa com *Physalis* sp., além de que os pesquisadores chineses colaboram bastante nos estudos entre si.

Já entre as palavras-chave, o mapa permite observar os temas mais pesquisados para refletir tópicos de pesquisa e tendências de abordagem em um determinado campo, além de permitir que sejam observadas as relações entre elas (Arias, 2022). Das 7812 palavras-chave que constam, apenas 227 têm o mínimo estabelecido de 10 ocorrências. O software dividiu as palavras em quatro grupos, com 5863 conexões (Figura 21).

Figura 21. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre *Physalis* sp. produzido pelo VOSViewer constando as 227 palavras-chave que possuíam o mínimo de 10 ocorrências e as ligações delas entre si.

No mapa com as 227 palavras-chave divididas em quatro grupos de cores distintas, é possível observar que o maior destaque vai para as palavras “withanolides” e “solanaceae”, respectivamente dos grupos verde e vermelho. O grupo verde é composto majoritariamente de palavras derivadas de “withanolides” ou semelhantes na linha de aplicação farmacológica, como “steroids”, “apoptosis”, a espécie “angulata”, “cytotoxicity”, “cytotoxic activity”, “physalin”, “constituents”, etc.

Já o grupo vermelho, que tem como destaque principal as palavras “solanaceae”, “physalis” e “growth”, demonstra mais claramente uma relação aos termos agrônômicos, juntamente a “tomato”, “resistance”, “diversity”, “germination”, “identification”, “expression”, “protein”, “evolution”, também relacionado às pesquisas em bioquímica e biologia molecular, filogenética e genômica.

O grupo amarelo, muito próximo e quase misturado ao verde, observa-se também palavras semelhantes de aplicação farmacológica de fitoquímicos e relativas a área da saúde, como “medicinal plants”, “in vitro”, “flavonoids”, “extracts”, “antioxidant”, “inflammation” e espécies como “physalis alkekengi”.

O grupo azul, também muito próximo ao amarelo e verde, tem como destaque a espécie “physalis peruviana”, junto a “fruits”, “quality”, “antioxidant activity”, “bioactive compounds”, “phenolic compounds”, “beta carotene”, “vitamin c”, “chemical composition”, demonstrando também relação clara com a composição química, porém mais direcionada à ciência e tecnologia de alimentos.

2.3.2.2 Mapeamento científico com base nas publicações sobre *Physalis peruviana*

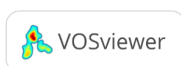
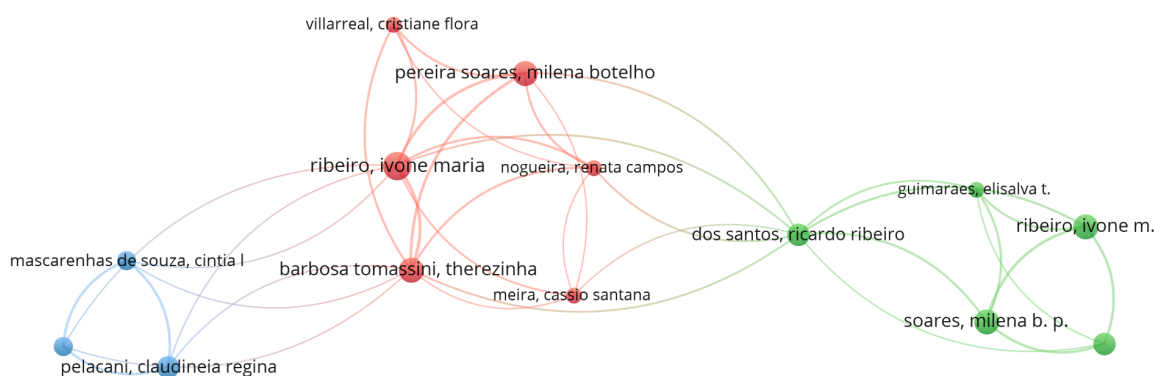
Na análise de co-autoria da espécie *Physalis peruviana*, foram encontrados 179 autores com o mínimo estabelecido de três publicações sobre o tema. Desses 179, apenas 10 possuem ligações entre si. Dessa forma, o mapa gerado pelo VOSViewer mostra todos os 10 autores divididos em 3 grupos e suas 24 conexões (Figura 22).

O grupo mais diferenciado é o azul acima, com palavras como “growth”, “germination”, “quality”, “fruits”, “yield”, com destaque em “cape gooseberry”, indicando relação com palavras de abordagem mais agrônômica.

2.3.2.2 Mapeamento científico com base nas publicações sobre *Physalis angulata*

Na espécie *Physalis angulata*, foram encontrados 103 autores com o mínimo estabelecido de três publicações. Dos 103, apenas 14 têm ligações entre si. O mapa na Figura 24 ilustra os 14 autores divididos em três grupos com suas 38 ligações.

Figura 24. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre *Physalis angulata* produzido pelo VOSViewer constando os 14 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.

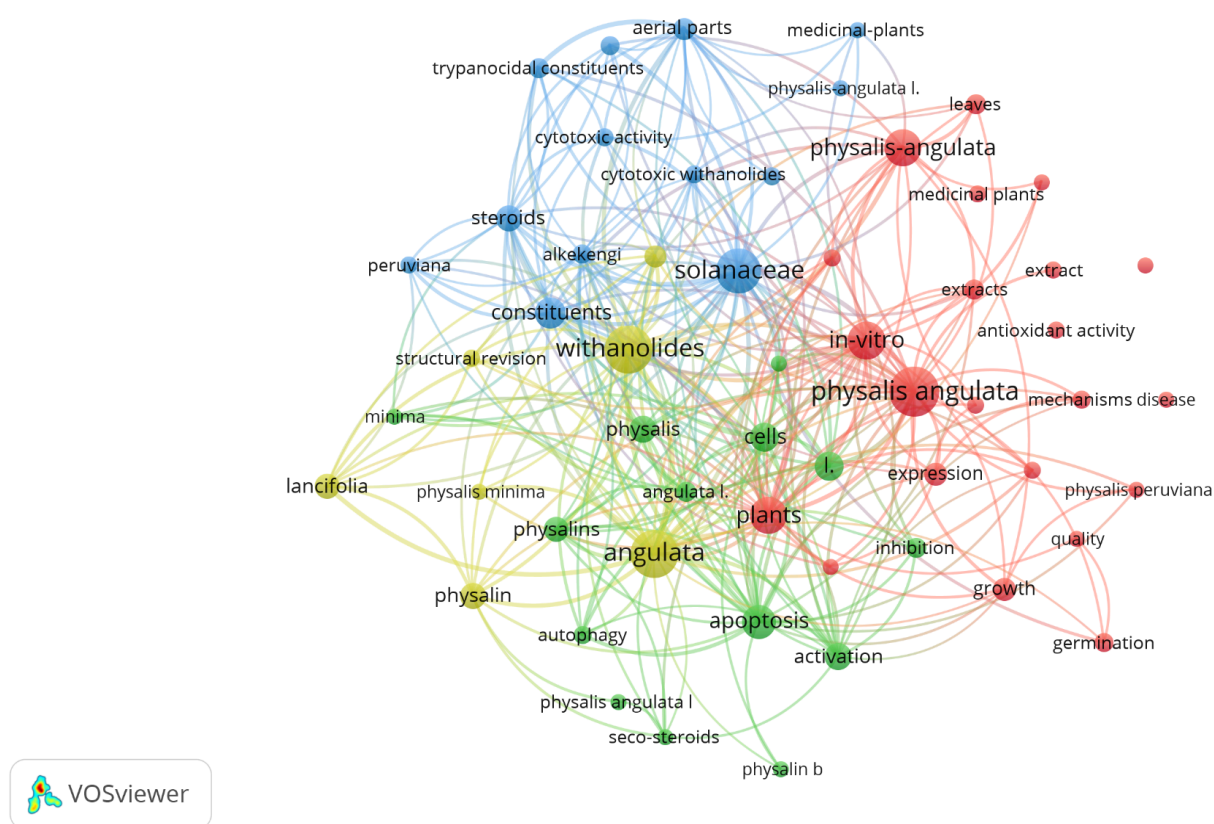


Nos 14 autores divididos em três grupos com cores distintas, é possível observar maior destaque em Tomassini, do grupo vermelho, que possui ligações com todos os outros pesquisadores do seu grupo e do grupo azul, assim como Ribeiro. Todos os pesquisadores do grupo azul só se ligam a essas duas do grupo vermelho. Todos os pesquisadores do grupo vermelho (exceto Villarreal) se ligam apenas a Dos Santos, do grupo verde. Dos Santos, por sua vez, se liga a todos de seu grupo (que também são Tomassini, Ribeiro e Soares, as mesmas do grupo vermelho). Além da colaboração entre esses pesquisadores, o mapa ressalta a importância dos cientistas brasileiros nas

pesquisas sobre essa espécie, que é nativa. No Web of Science, a cientista que mais publicou sobre *Physalis angulata* foi Tomassini com 21 estudos, seguida por Soares com 16; Chen e Ribeiro com 14.

No mapeamento das palavras-chave dessa espécie, foram mapeadas 2131 palavras, mas apenas 56 têm no mínimo 10 ocorrências estabelecidas. Essas palavras foram divididas em quatro grupos com 819 ligações (Figura 25).

Figura 25. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre *Physalis angulata* produzido pelo VOSViewer constando as 56 palavras-chave que possuíam o mínimo de 10 ocorrências e as ligações delas entre si.

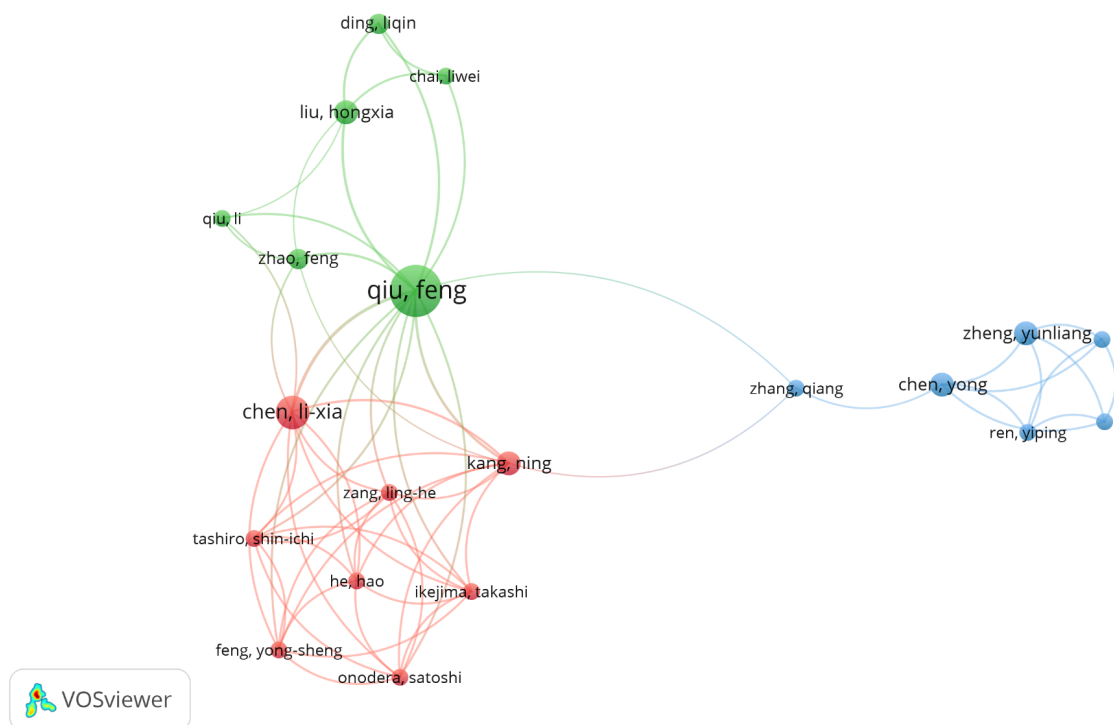


No mapa das palavras-chave, é possível observar os 56 itens divididos em quatro grupos de cores distintas. A palavra com maior destaque é “*physalis angulata*” do grupo vermelho, ligada a outras com relação a composição química e aplicação farmacológica e também relacionadas a abordagem agrônômica. Outra palavra com grande destaque é “withanolides” do grupo azul, ligada a outras correlacionadas a composição química, assim como “*angulata*”, em destaque do grupo amarelo. Todos os grupos são correlacionados à abordagem de composição química, por isso, são tão próximos e possuem correlações entre si.

2.3.2.3 Mapeamento científico com base nas publicações sobre *Physalis alkekengi*

No mapa dos co-autores da espécie *Physalis alkekengi* foram encontrados 81 autores que tinham o mínimo estabelecido de três publicações. Desses, 20 tinham ligações entre si. O mapa de co-autoria dos 20 autores divididos em três grupos com 63 ligações (Figura 26).

Figura 26. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre *Physalis alkekengi* produzido pelo VOSViewer constando os 20 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.



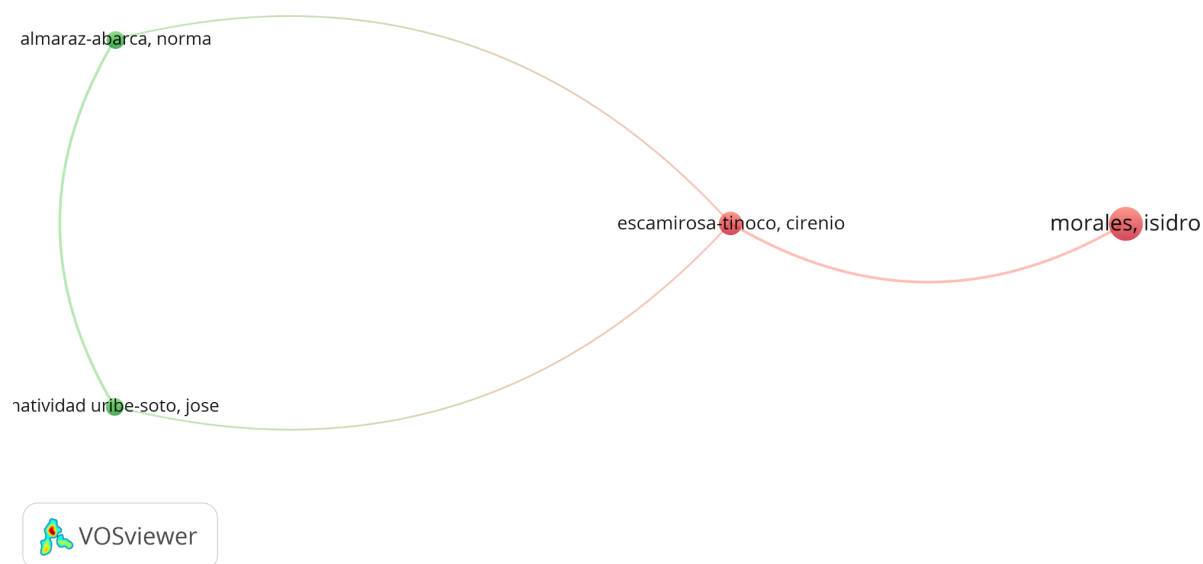
No mapa de co-autores dessa espécie, é possível observar a divisão dos 20 autores em três grupos de cores distintas, com grande destaque ao pesquisador Qiu, do grupo verde, ligado a todos de seu grupo e todos do grupo vermelho, que possui como maior destaque a pesquisadora Chen. Porém, do grupo vermelho apenas Kang se liga ao grupo azul através de Zhang, que também só possui ligação com Qiu, do grupo verde. Zhang, por sua vez, possui ligação com todos os autores de seu grupo azul. Nota-se que nas pesquisas dessa espécie se destacam principalmente os pesquisadores chineses, que colaboram em pequenos grupos entre si.

em que consta “antioxidant” e “polysaccharide” aparenta ter mais relação com a composição química.

2.3.2.4 Mapeamento científico com base nas publicações sobre *Physalis ixocarpa*

No mapeamento dos co-autores da espécie *P. ixocarpa* foram encontrados 31 autores com o mínimo estabelecido de três publicações. Desses, apenas 4 possuíam ligações entre si e foram divididos em 2 grupos com 4 ligações (Figura 28).

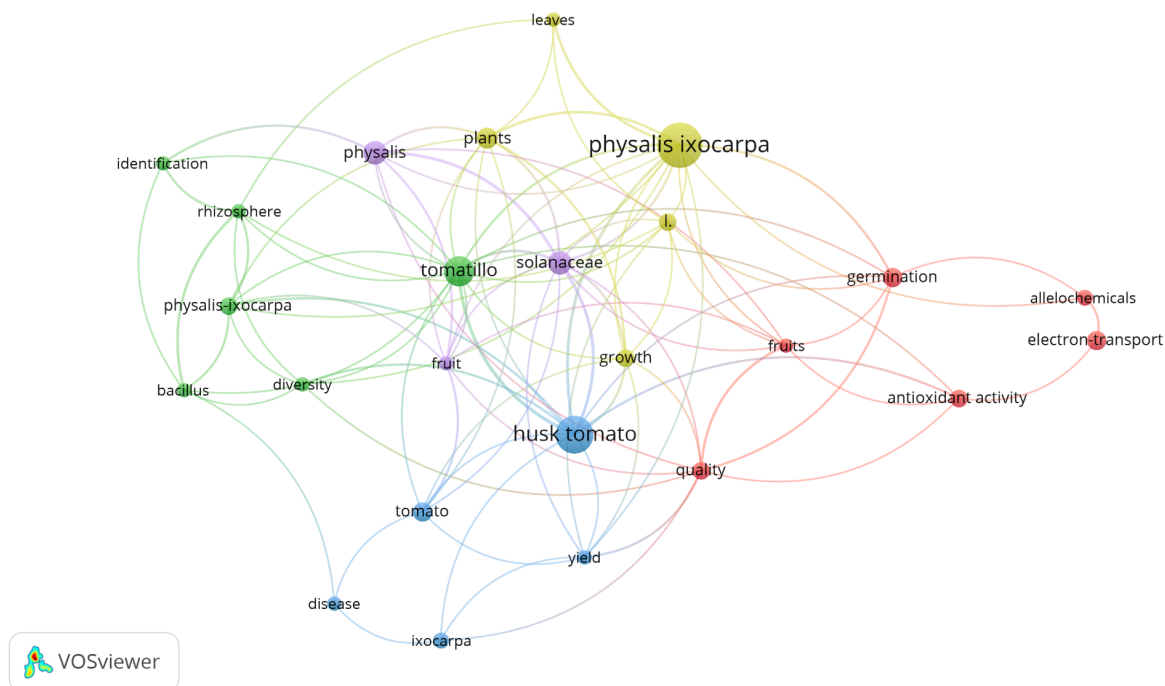
Figura 28. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre *Physalis ixocarpa* produzido pelo VOSViewer constando os 4 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.



No mapa de co-autores é possível visualizar os quatro pesquisadores divididos em dois grupos de cores distintas. O autor em destaque no centro é Escamiroso-Tinoco, do grupo vermelho, único com ligação com Morales, também do grupo vermelho. Morales não tem ligação com nenhum outro pesquisador do outro grupo. Escamiroso-Tinoco possui ligação com ambos os pesquisadores do grupo verde, que também possuem ligação entre si. Destaca-se que para essa espécie os principais autores são mexicanos, assim como o país e instituição (Universidad Nacional Autonoma de Mexico) que mais publicam.

Foram encontradas 954 palavras-chave, porém apenas 25 com o mínimo de cinco ocorrências. As 25 palavras foram divididas em cinco grupos com 97 ligações (Figura 29).

Figura 29. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre *Physalis ixocarpa* produzido pelo VOSViewer constando as 25 palavras-chave que possuíam o mínimo de 5 ocorrências e as ligações delas entre si.



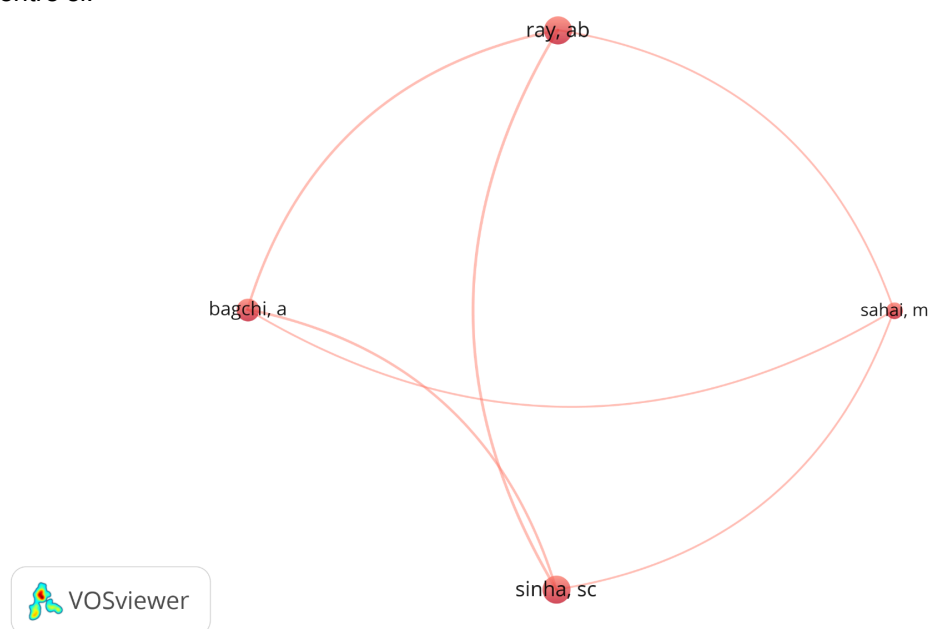
No mapa é possível visualizar as 25 palavras-chave divididas em cinco grupos de cores distintas. A com maior destaque é “*physalis ixocarpa*”, do grupo amarelo, ligada a seus outros nomes, “*husk tomato*”, do grupo azul, e “*tomatillo*” do grupo verde, e às do grupo lilás, “*solanaceae*” e “*physalis*”. O grupo amarelo, composto por “*plants*”, “*leaves*” e “*growth*” caracterizam uma abordagem agrônômica e estrutural, próxima a dos grupos lilás e verde, que é composto por “*bacillus*”, “*rhizosphere*”, “*diversity*” e “*identification*”, demonstrando uma abordagem mais biotecnológica. O grupo azul, com “*yield*” e “*disease*”, denota uma abordagem agrônômica mais tradicional. Já o grupo vermelho, composto por “*germination*”, “*fruits*”, “*quality*” e também por “*allelochemicals*”, “*antioxidant activity*” e “*electron transport*” denota uma abordagem tanto agrônômica quanto relativa à composição química dos frutos. Todos os grupos são interligados e próximos, com palavras relativas à

pesquisas agrônômicas porém direcionadas a diferentes campos de estudo específicos.

2.3.2.5 Mapeamento científico com base nas publicações sobre *Physalis minima*/*P. lagascae*

Dentre os 669 autores que publicaram sobre *P. minima*, apenas 24 deles possuíam o mínimo estabelecido de 3 publicações. Desses, apenas 4 autores possuem ligações entre si, formando um grupo com 6 ligações (Figura 30).

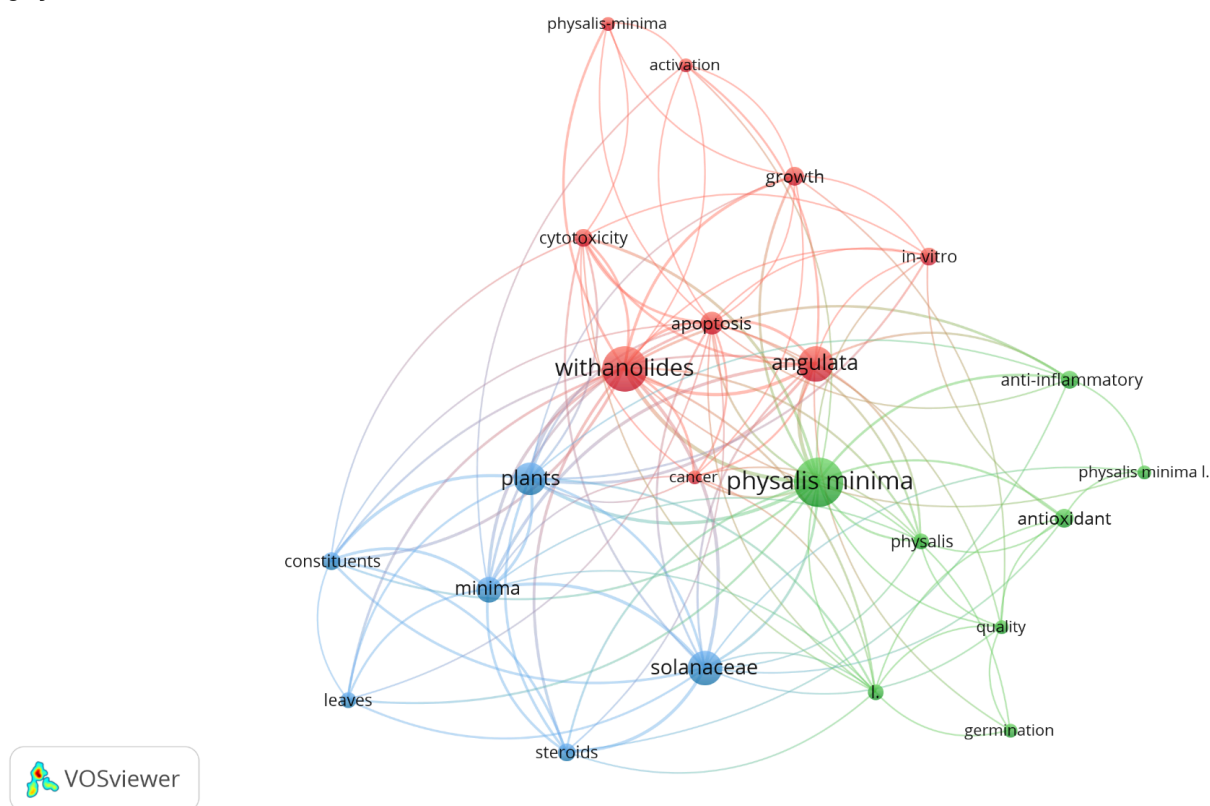
Figura 30. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre *Physalis minima* produzido pelo VOSViewer constando os 4 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.



No mapa, os quatro autores configuram apenas um grupo da cor vermelha. O nome que possui mais destaque é da pesquisadora Ray, que possui ligação com todos os outros três pesquisadores, que também possuem ligações entre si. Isso demonstra que os pesquisadores trabalham bastante em colaboração entre si, sendo todos eles de instituições indianas.

Das 804 palavras-chave que constam nos estudos dessa espécie, apenas 23 possuem o mínimo estabelecido de cinco ocorrências. Essas 23 palavras foram divididas em 3 grupos com 120 ligações entre si (Figura 31).

Figura 31. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre *Physalis minima* produzido pelo VOSViewer constando as 7 palavras-chave que possuíam o mínimo de 10 ocorrências e as ligações delas entre si.

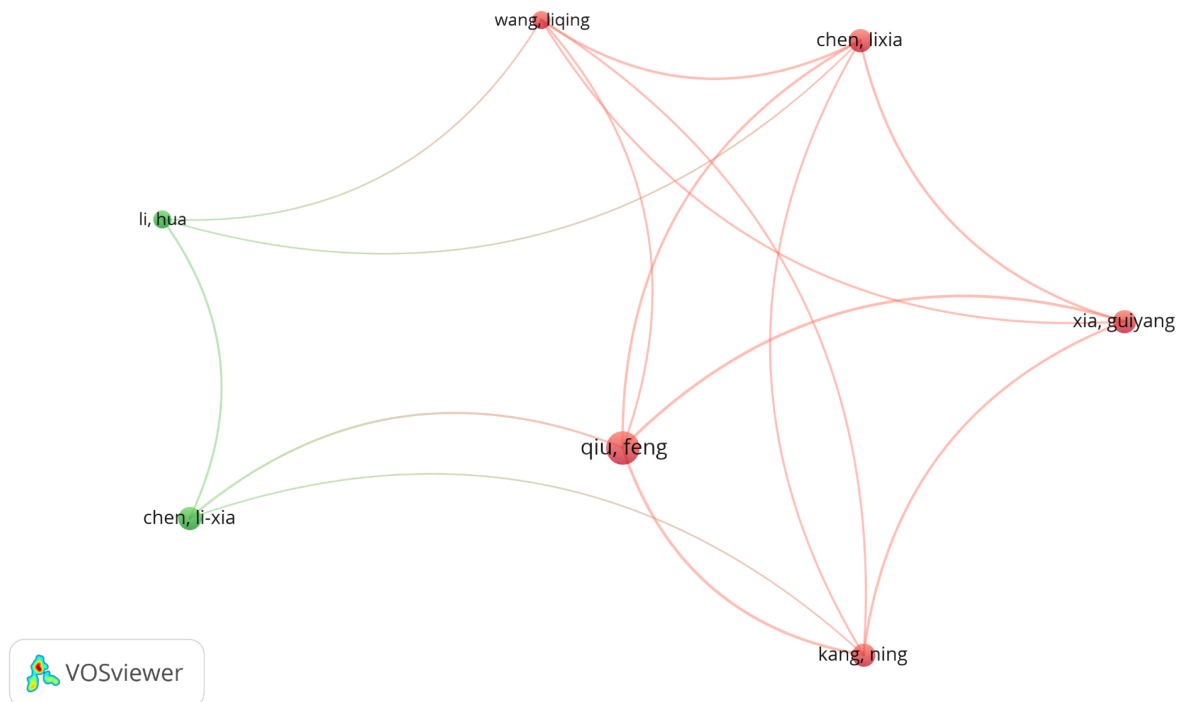


No mapa das co-palavras, as duas de maior destaque são “*physalis minima*”, do grupo verde, e “withanolides”, do grupo vermelho. Todos os três grupos são interligados entre si, trazendo abordagens agrônômicas e também de composição química dos frutos. Isso é visível com “anti-inflammatory” e “antioxidant” do grupo verde, “cytotoxicity”, “apoptosis” e “cancer” do grupo vermelho e “constituents” e “steroids” do grupo azul.

2.3.2.6 Mapeamento científico com base nas publicações sobre *Physalis pubescens*

Nos co-autores da *Physalis pubescens*, foram mapeados 18 autores que têm no mínimo três publicações conforme estabelecido. Desses, 7 têm ligações entre si. O mapa com os 7 co-autores em 2 grupos com 15 ligações (Figura 32).

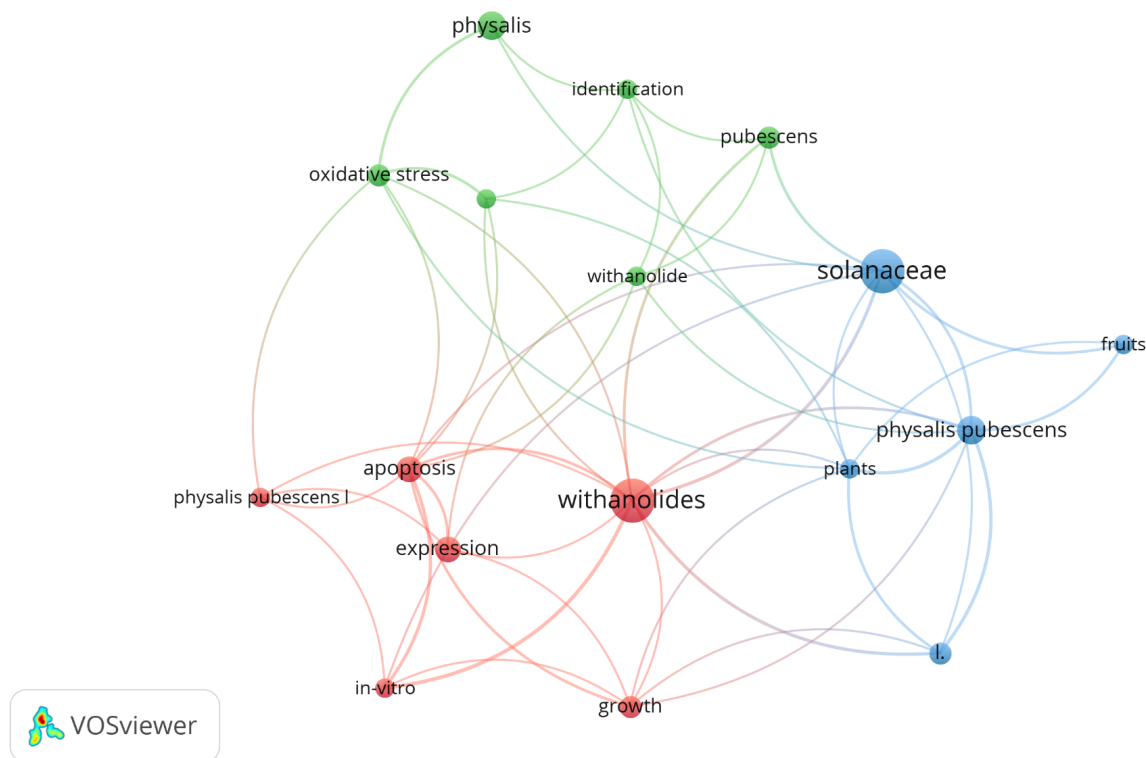
Figura 32. Mapa de co-autoria em pesquisas sobre *Physalis pubescens* produzido pelo VOSViewer constando apenas os 7 autores com o mínimo de três publicações que possuíam ligações entre si.



Os co-autores foram divididos em 2 grupos de cores distintas. O pesquisador com maior destaque é Qiu, do grupo vermelho, que está no centro do mapa sendo equidistante aos demais e possui ligação com todos os outros pesquisadores do seu grupo e com Chen, do grupo verde, apenas não com Li. Chen, a pesquisadora com maior destaque do grupo verde, também está presente no grupo vermelho e possui ligação com todos os pesquisadores, inclusive Li. Nessa espécie também se destacam os pesquisadores chineses e o mapa demonstra que eles colaboram bastante entre si.

No mapeamento das palavras-chave, foram encontradas 651 palavras, porém apenas 17 têm o mínimo estabelecido de 5 ocorrências. O mapa conta com as palavras divididas em três grupos com 52 ligações (Figura 33).

Figura 33. Mapa de palavras-chave em pesquisas sobre *Physalis pubescens* produzido pelo VOSViewer constando as 17 palavras-chave que possuíam o mínimo de 5 ocorrências e as ligações delas entre si.



No mapa de palavras-chave, as 17 palavras foram divididas em 3 grupos de cores distintas. A palavra com maior destaque é “withanolides”, do grupo vermelho, que está posicionada centralmente e se liga a todos os grupos, seguida de “solanaceae” e “physalis pubescens” do grupo azul. Como os grupos são bastante próximos e todos contém as palavras “physalis pubescens”, houve dificuldade em identificar identidades temáticas nesses grupos. O grupo vermelho aparenta ser mais relacionado à temática celular, enquanto o verde à temática de composição química e o azul às características das plantas, em uma abordagem mais agrônômica.

Ao observar os mapas, foi possível observar que nas pesquisas sobre todas as espécies de *Physalis* sp. em geral sem restrição de período se destacam os pesquisadores chineses, que colaboram bastante entre si. Entre os grupos temáticos, é possível identificar separações bem claras entre as co-palavras referentes à composição química farmacológica, às aplicações de fitoquímicos na área da saúde, na área da ciência e tecnologia de alimentos, na

área agronômica e de pesquisas em bioquímica e biologia molecular/filogenética e genômica. Para *Physalis peruviana* L., há destaque para os pesquisadores indianos, e os grupos temáticos são todos muito próximos entre si a respeito de composição química, exceto o que possui abordagem agronômica. Para *Physalis angulata*, se destacam os pesquisadores brasileiros, e para *P. alkekengi*, pesquisadores chineses que colaboram entre si em pequenos grupos, enquanto as temáticas de pesquisa são divididas em biologia celular, agronômicas e compostos químicos. Para *P. ixocarpa*, há grande destaque para pesquisadores mexicanos, pois também é o país e instituição que mais publicam sobre a espécie, e para *P. minima* há destaque para pesquisadores indianos e paquistaneses. Por fim, *P. pubescens* é principalmente pesquisada pela China.

2.4 CONCLUSÕES

O número de pesquisas sobre *physalis* publicadas e indexadas no *Web of Science* tem sido crescente nos últimos anos, passando de uma centena de estudos publicados por ano a partir de 2018.

Entre os periódicos que mais publicaram sobre o gênero de plantas, se destacam o *Phytochemistry* e o *Journal of Natural Products*, pois o tema mais amplamente pesquisado é a composição química dessas plantas e suas potenciais aplicações farmacológicas, além dos estudos agronômicos e fitotécnicos sobre seu cultivo e do fruto enquanto alimento.

As publicações têm sido realizadas por pesquisadores de diversos países, com destaque para Estados Unidos, China, Brasil, México e Colômbia. Apesar da Universidad Nacional de Colombia ser a instituição com maior número de publicações, os pesquisadores chineses foram os que mais publicaram sobre esse gênero. Dos cinco principais autores, quatro são chineses, com empates entre pesquisadores indianos, uma brasileira e uma norte-americana. Isso demonstra que os estudos sobre essa planta vão para além de uma única nacionalidade, perpassando outros cantos do planeta.

Quanto às espécies, foi possível diferenciar claramente a abordagem de pesquisa entre elas, sendo a *P. peruviana* mais pesquisada na área

agronômica e de tecnologia de alimentos, enquanto a *P. angulata* é mais explorada no âmbito dos fitoquímicos e potencial farmacológico com aplicações na saúde assim como a *P. alkekengi* e a *P. pubescens*, embora as duas últimas também sejam usadas para algumas aplicações agronômicas. *P. ixocarpa* e *P. minima* também possuem tanto abordagem agronômica quanto de fitoquímicos e farmacologia, embora *P. ixocarpa* tenha mais uso na ciência e tecnologia de alimentos.

P. peruviana e *P. angulata* são mais pesquisadas e publicadas pela América Latina (Colômbia e Brasil, respectivamente), enquanto *P. alkekengi* e *P. pubescens* são mais pesquisadas e publicadas pela China e por pesquisadores chineses. *P. ixocarpa* é mais pesquisada pelo México e *P. minima* pela Índia.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS, C. M. **Biochar: relação com agroecologia, estado da pesquisa e matérias-primas promissoras**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, 2022.

AYYANAR, M.; IGNACIMUTHU, S. Ethnobotanical survey of medicinal plants commonly used by Kani tribals in Tirunelveli hills of Western Ghats, India. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 134, n. 3, p. 851-864, 2011.

BREITHAUPT, D. E.; WIRT, U.; BAMEDI, A. Differentiation between lutein monoester regioisomers and detection of lutein diesters from marigold flowers (*Tagetes erecta* L.) and several fruits by liquid chromatography - mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 1, p. 66-70, 2002.

CACERES, A.; MENÉNDEZ, H.; MÉNDEZ, E.; COHOBÓN, E.; SAMAYOA, B. E.; JAUREGUI, E.; PERALTA, E.; CARRILLO, G. Antigonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually transmitted diseases. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 48, n. 2, p. 85-88, 1995.

CÉSPEDES, C. L.; UCHOA, A.; SALAZAR, J. R.; PERICH, F.; PARDO, F. Plant growth inhibitory activity of p-hydroxyacetophenones and tremetones from Chilean endemic *Baccharis* species and some analogous: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 8, p. 2283-2292, 2002.

CHAVES, A. C. **Propagação e avaliação fenológica de *Physalis* sp. na região de Pelotas, RS**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 2006, 65 p.

DAMU, A. G.; KUO, P. C.; SU, C. R.; KUO, T. H.; CHEN, T. H.; BASTOW, K. F.; LEE, K. H.; WU, T. S. Isolation, structures, and structure – cytotoxic activity relationships of withanolides and physalins from *Physalis angulata*. **Journal of Natural Products**, v. 70, n. 7, p. 1146-1152, 2007.

DE ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Identification and quantification of carotenoids by HPLC-PDA-MS/MS from Amazonian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 13, p. 5062-5072, 2007.

DONTHU, N.; KUMAR, S.; MUKHERJEE, D.; PANDEY, N.; LIM, W. M. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285-296, 2021.

EDEOGA, H. O.; OKWU, D. E.; MBAEBIE, B. O. Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, n. 7, p. 685-688, 2005.

FISCHER, G.; FLOREZ, V. J.; SORA, A. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Agronomía, **Editorial UN**, p. 9-26, 2000.

GE, Y.; DUAN, Y. F.; FANG, G. Z.; ZHANG, Y.; WANG, S. Polysaccharides from fruit calyx of *Physalis alkekengi* var. *francheti*: Isolation, purification, structural features and antioxidant activities. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, n. 2, p. 188-193, 2009.

GLOTTER, E. Withanolides and related ergostane-type steroids. **Natural Product Reports**, v. 8, n. 4, p. 415-440, 1991.

GRIFFIN, W. J.; LIN, G. D. Chemotaxonomy and geographical distribution of tropane alkaloids. **Phytochemistry**, v. 53, n. 6, p. 623-637, 2000.

HE, C.; SAEDLER, H. Heterotopic expression of MPF2 is the key to the evolution of the Chinese lantern of *Physalis*, a morphological novelty in Solanaceae. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 16, p. 5779-5784, 2005.

HOSOYA, T.; ARAI, M. A.; KOYANO, T.; KOWITHAYAKORN, T.; ISHIBASHI, M. Naturally occurring small-molecule inhibitors of hedgehog/GLI-mediated transcription. **Chembiochem**, v. 9, n. 7, p. 1082-1092, 2008.

JANUÁRIO, A. H.; RODRIGUES, E.; PIETRO, R. C. L. R.; KASHIMA, S.; SATO, D. N.; FRANÇA, S. C. Antimycobacterial physalins from *Physalis angulata* L. (Solanaceae). **Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives**, v. 16, n. 5, p. 445-448, 2002.

KINGHORN, A. D.; SU, B. N.; JANG, D. S.; CHANG, L. C.; LEE, D.; GU, J. Q.; CARCACHE-BLANCO, E. J.; POWLUS, A. D.; LEE, S. K.; PARK, E. J.; CUENDET, M.; GILLS, J. J.; BHAT, K.; PARK, H. S.; MATA-GREENWOOD, E.; SONG, L. L.; JONG, M. H.; PEZZUTO, J. M. Natural inhibitors of carcinogenesis. **Planta Medica**, v. 70, n. 08, p. 691-705, 2004.

LEE, C. C.; HOUGHTON, P. Cytotoxicity of plants from Malaysia and Thailand used traditionally to treat cancer. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 100, n. 3, p. 237-243, 2005.

MUNIZ, J.; MOLINA, A. R.; MUNIZ, J. *Physalis*: panorama produtivo e econômico no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 429-435, 2015.

OROZCO-MOSQUEDA, M. D.; ROCHA-GRANADOS, M. D.; GLICK, B. R.; SANTOYO, G. Microbiome engineering to improve biocontrol and plant

growth-promoting mechanisms. **Microbiological Research**, v. 208, p. 25-31, 2018.

OSDAGHI, E.; JONES, J. B.; SHARMA, A.; GOSS, E. M.; ABRAHAMIAN, P.; NEWBERRY, E. A.; POTNIS, N.; CARVALHO, R.; CHOUDHARY, M.; PARET, M. L.; TIMILSINA, S.; VALLAD, G. E. A centenary for bacterial spot of tomato and pepper. **Molecular Plant Pathology**, v. 22, n. 12, p. 1500, 2021.

PINTO, M. S.; RANILLA, L. G.; APOSTOLIDIS, E.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; SHETTY, K. Evaluation of antihyperglycemia and antihypertension potential of native Peruvian fruits using in vitro models. **Journal of Medicinal Food**, v. 12, n. 2, p. 278-291, 2009.

PUENTE, L. A.; PINTO-MUÑOZ, C. A.; CASTRO, E. S.; CORTÉS, M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1733-1740, 2011.

QIU, L.; ZHAO, F.; JIANG, Z. H.; CHEN, L. X.; ZHAO, Q.; LIU, H. X.; YAO, X. S.; QIU, F. Steroids and flavonoids from *Physalis alkekengi* var. *franchetii* and their inhibitory effects on nitric oxide production. **Journal of Natural Products**, v. 71, n. 4, p. 642-646, 2008.

RAJU, V. S.; REDDY, C. S.; RAJARAO, K. G. The myth of “minima” and “maxima”, the species of *Physalis* in the Indian Subcontinent. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 45, n. 2, p. 239, 2007.

RAMADAN, M. F. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1830-1836, 2011.

RAMADAN, M. F.; MÖRSEL, J. T. Oil goldenberry (*Physalis peruviana* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 4, p. 969-974, 2003.

RAMSEY, J. S.; WILSON, A. C. C.; DE VOS, M.; SUN, Q. I.; TAMBORINDEGUY, C.; WINFIELD, A.; MALLOCH, G.; SMITH, D. M.; FENTON, B.; GRAY, S. M.; JANDER, G. Genomic resources for *Myzus*

persicae: EST sequencing, SNP identification, and microarray design. **BMC Genomics**, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.

RODRIGUES, E.; ROCKENBACH, I. I.; CHAVES, E. S.; FETT, R. Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 642-645, 2009.

SHARMA, J.; GAIROLA, S.; GAUR, R. D.; PAINULI, R. M. The treatment of jaundice with medicinal plants in indigenous communities of the Sub-Himalayan region of Uttarakhand, India. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 143, n. 1, p. 262-291, 2012.

SOARES, M. B. P.; BELLINTANI, M. C.; RIBEIRO, I. M.; TOMASSINI, T. C. B.; DOS SANTOS, R. R. Inhibition of macrophage activation and lipopolysaccharide-induced death by seco-steroids purified from *Physalis angulata* L. **European Journal of Pharmacology**, v. 459, n. 1, p. 107-112, 2003.

TOMASSINI, T. C. B.; BARBI, N. S.; RIBEIRO, I. M.; XAVIER, D. C. D. Gênero *Physalis* - uma revisão sobre vitaesteróides. **Química Nova**, v. 23, p. 47-57, 2000.

TORRES-PACHECO, I.; GARZON-TIZNADO, J. A.; BROWN, J. K.; BECERRA-FLORA, A.; RIVERA-BUSTAMANTE, R. F. Detection and distribution of geminiviruses in Mexico and the southern United States. **Phytopathology**, v. 86, n. 11, p. 1186-1192, 1996.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010.

WELLER, P.; BREITHAUPT, D. E. Identification and quantification of zeaxanthin esters in plants using liquid chromatography - mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 24, p. 7044-7049, 2003.

WHITSON, M.; MANOS, P. S. Untangling *Physalis* (Solanaceae) from the Physaloids: a two-gene phylogeny of the Physalinae. **Systematic Botany**, v. 30, n. 1, p. 216-230, 2005.

WILF, P.; CARVALHO, M. R.; GANDOLFO, M. A.; CÚNEO, N. R. Eocene lantern fruits from Gondwanan Patagonia and the early origins of Solanaceae. **Science**, v. 355, n. 6320, p. 71-75, 2017.

WINTERMANTEL, W. M.; HLADKY, L. L.; CORTEZ, A. A.; NATWICK, E. T. A new expanded host range of Cucurbit yellow stunting disorder virus includes three agricultural crops. **Plant Disease**, v. 93, n. 7, p. 685-690, 2009.

3 CAPÍTULO 2 – MATURAÇÃO DE FRUTOS E QUALIDADE DE SEMENTES DE *Physalis peruviana* L.

RESUMO

Physalis peruviana L. produz um fruto de alto interesse comercial e propriedades nutracêuticas, o que fez estudos científicos mais aprofundados sobre seu cultivo terem aumentado nos últimos anos. Como as pesquisas sobre a propagação e qualidade de sementes dessa espécie ainda são escassas, o presente trabalho visou avaliar a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de *Physalis peruviana* L. em cinco pontos de colheita levando em consideração o marcador morfológico cor do cálice: verde, verde-amarelo, amarelo, amarelo-palha e palha. Foram realizadas, em cada ponto de colheita, análises de caracterização dos frutos pelo tamanho (altura e diâmetro), massa (com e sem cálice), cor e número de sementes por fruto. Após a extração das sementes, foi determinado o teor de água, a massa de matéria seca e a germinação tanto das sementes úmidas (recém-extraídas) quanto após secagem por sete dias em câmara fria e seca. Apenas nas sementes secas, foram realizados os testes de emergência de plântulas, velocidade de emergência e sanidade. As sementes recém-extraídas dos frutos apresentaram maior teor de água e massa de matéria seca no ponto de colheita de frutos verdes e maior germinação no ponto amarelo. Os frutos com maior número de sementes foram os do ponto amarelo-palha. As sementes após secagem tiveram maior emergência de plântula e velocidade de emergência no ponto amarelo. Os pontos de maior germinação foram entre amarelo e amarelo-palha. Os fungos patogênicos de maior ocorrência foram *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Fusarium*. Dessa forma, o melhor ponto de colheita para produção de sementes de *Physalis peruviana* visando a produção de sementes de alta qualidade é o de cálice amarelo.

Palavras-chave: fisális, germinação, sanidade, vigor, emergência de plântulas.

3.1 INTRODUÇÃO

Physalis peruviana L. é uma planta da família Solanaceae que produz um fruto considerado não-convencional. O fruto é classificado dessa forma por ser de baixo volume de comercialização, dificultando amplo acesso nos mercados do sudeste (Rodrigues et al., 2009) e também por sua aparência peculiar, pois é revestido por um cálice externo. Os frutos de *physalis* possuem propriedades de importância nutracêutica, trazendo diversos benefícios para a saúde (Puente et al., 2011) e tornando-os um produto de alto valor agregado.

Com essas características diferenciadas, os frutos de *physalis* têm demonstrado crescente interesse nos últimos anos, de forma que as pesquisas científicas e o mercado estão em expansão. Assim, o cultivo dessa principal espécie comercial também tem aumentado e se estendido para novas localidades, inclusive em território nacional (Fischer et al., 2014).

Ainda que o cultivo de *physalis* esteja se popularizando, estudos a respeito de sua propagação e qualidade de sementes ainda são escassos, pois são recentes no país (Diniz, 2018). Com isso, se mostra fundamental o aprofundamento da pesquisa a respeito da principal forma de multiplicação dessa espécie, pois esclarecer detalhes técnicos para obtenção de sementes de qualidade minimiza o risco de perdas durante o estabelecimento das plântulas, havendo assim maior probabilidade de êxito no desenvolvimento do cultivo (Paiva, 2018).

Segundo Marcos Filho (2015), a qualidade de sementes é tida como uma junção de fatores genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, pois estes influenciam no estabelecimento e produtividade das plantas oriundas dessas sementes. Considerando o fator fisiológico, mostra-se necessária a compreensão da influência do período de maturação do fruto na maturidade fisiológica das sementes, a fim de obter o melhor ponto de colheita para extração de sementes de qualidade.

De forma geral, o desenvolvimento da semente ocorre simultaneamente ao do fruto (Carvalho; Nakagama, 2012), e no caso de frutos carnosos, muitas vezes a maturidade fisiológica das sementes coincide com o início da mudança de coloração externa da casca (Rodrigues, 2018). Para Camacho et al. (2012),

a qualidade fisiológica das sementes está relacionada ao momento da colheita, que ao ocorrer em período inadequado, sem que as sementes tenham atingido a maturação, apresentarão menor germinação e vigor em comparação às sementes maduras (Rodrigues, 2018).

De acordo com Marcos Filho (2015), por meio do acompanhamento de alterações morfológicas, físicas, fisiológicas e bioquímicas é possível definir o ponto de maturidade da semente e estabelecer bases para determinar com segurança o ponto ideal da colheita.

Além do atributo da qualidade fisiológica, o aspecto sanitário também se destaca por ser um fator determinante na qualidade durante o período de armazenamento das sementes. O uso de sementes contaminadas com microrganismos fitopatogênicos pode causar a redução da população de plantas e da produtividade, da mesma forma que pode ser uma fonte de disseminação de patógenos e contaminação de solos anteriormente livres (Maximiano et al., 2018).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo determinar o melhor ponto de colheita do fruto de *Physalis peruviana* L. para obtenção de sementes de maior qualidade considerando os atributos fisiológico e sanitário.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os testes de qualidade de sementes foram realizados no Laboratório de Agricultura Orgânica (LAO) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, localizado na cidade de Araras - SP (latitude 22°21'25" Sul, longitude 47°23'03" Oeste e altitude 646 m). Na área de campo experimental do mesmo laboratório, foram cultivadas plantas de *P peruviana* conduzidas de acordo com os conceitos da agricultura orgânica.






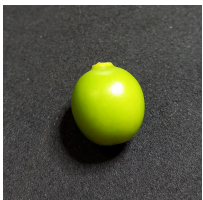



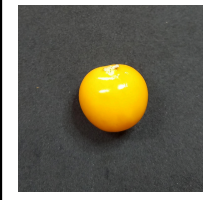
As mudas de *Physalis peruviana* foram produzidas em bandejas de 128 células por meio de sementes obtidas de frutos maduros, sendo distribuídas quatro sementes em cada célula. O substrato utilizado foi vermiculita com um terço de solo. Após dois meses (janeiro-março/2023), com irrigação diária e uma adubação com biofertilizante, as mudas foram transplantadas para campo,

sendo 64 plantas em cada um dos quatro canteiros, totalizando 256 plantas, com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. O solo foi adubado com composto orgânico oriundo de compostagem na proporção de 100g por planta e coberto por palhada seca.

Foram colhidos aleatoriamente 20 frutos de *Physalis peruviana* L. de cada um dos cinco pontos de colheita pré-estabelecidos por meio do marcador morfológico coloração do cálice, verde (V), verde-amarelo (VA), amarelo (A), amarelo-palha (AP) e palha (P) (Figuras 34 e 35), totalizando 100 frutos. Desses 20 frutos, cinco foram separados aleatoriamente para análise de cor utilizando o colorímetro Minolta Chroma Meter, modelo CM-25d. Foram feitas duas medições na epiderme por fruto. Segundo Ferreira e Spricigo (2017), os valores do parâmetro L^* indicam luminosidade (0 = negro e 100 = branco), de a^* caracterizam uma escala entre verde e vermelho, e de b^* entre azul e amarelo. O chroma (C^*) indica a saturação e o ângulo da tonalidade (h°) representa graficamente o 0° e 360° como a cor vermelha, 90° amarelo, 180° verde e 270° azul.

Dos 15 frutos restantes de cada ponto, foram feitas as análises de caracterização dos frutos: tamanho (altura e diâmetro, em centímetros, medidos com paquímetro) e massa (com e sem cálice, medidas em balança de precisão). Cinco frutos foram utilizados para contagem manual de sementes, sendo as sementes extraídas com peneira em água corrente e o resíduo de polpa retirado com pinça.

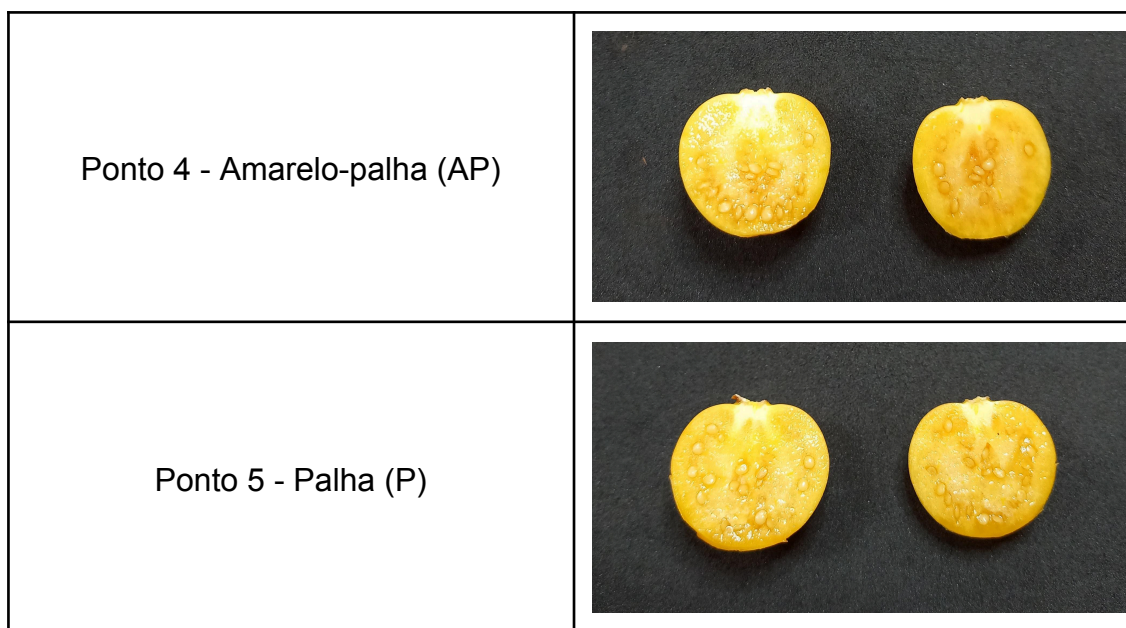
Figura 34. Pontos de colheita dos frutos de *Physalis peruviana* L. estabelecidos a partir do marcador morfológico cor do cálice.

Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
				
				
Verde (V)	Verde-amarela do (VA)	Amarelo (A)	Amarelo-palha (AP)	Palha (P)

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 35. Frutos de *Physalis peruviana* L. em corte longitudinal para visualização das sementes nos diferentes pontos de colheita.

Ponto 1 - Verde (V)	
Ponto 2 - Verde-amarelado (VA)	
Ponto 3 - Amarelo (A)	



Fonte: Autoria própria (2024).

Após a extração das sementes de todos os frutos, foram realizadas as análises de teor de água, massa de matéria seca de sementes e germinação, tanto das sementes recém-extraídas quanto após secagem por sete dias em câmara fria e seca (10 °C e 40% de umidade relativa do ar). As análises de teor de água e massa de matéria seca foram realizadas através de pesagem em balança de precisão de duas repetições de sementes de cada ponto de colheita por meio de teste em estufa a 105 °C por 24 horas (Brasil, 2009a).

Os testes de germinação foram realizados com as sementes recém-extraídas e após secagem, com quatro repetições de 50 sementes para cada ponto de colheita. Foram utilizadas duas folhas de papel mata-borrão umedecido com 2,5 vezes seu peso em água colocadas em pequenas caixas plásticas tipo Gerbox com tampa (Brasil, 2009). As caixas foram mantidas em B.O.D. a 25 °C e as avaliações foram feitas aos 7 e 14 dias, conforme metodologia proposta por Diniz (2018). Apenas com as sementes após secagem, foram realizados testes de emergência de plântulas, velocidade de emergência de plântulas e sanidade.

Nos testes de emergência de plântula e velocidade de emergência, foram utilizadas bandejas de polietileno de 128 células com vermiculita como substrato e apenas uma semente em cada célula. Também foram realizadas quatro repetições de 50 sementes, totalizando 200 sementes para cada

tratamento. As bandejas foram irrigadas diariamente. As avaliações foram executadas diariamente computando-se o número de plântulas emersas até a estabilização, que ocorreu após 17 dias. O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado de acordo com a equação proposta por Maguire (1962).

Para os testes de sanidade, foram utilizadas placas de petri esterilizadas com duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada (Brasil, 2009b). Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada um dos pontos de colheita (Figura 34). As placas foram mantidas em B.O.D. a 25 °C durante sete dias até a avaliação da ocorrência de fungos realizada com o auxílio de lupa e microscópio quando necessário.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando o nível de significância ($p \leq 0,05$) e, quando houve diferença significativa entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey pelo software R (R Core Team, 2023).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Caracterização física dos frutos

Comparando os valores do parâmetro L^* , que caracterizam a luminosidade em uma escala de 0 (preto) a 100 (branco) (Ferreira; Spricigo, 2017), todas as médias possuem valores semelhantes que não diferiram estatisticamente entre si, mais próximas de tons claros. Quanto ao parâmetro a^* , que define uma escala entre verde e vermelho, houve diferença estatística para o ponto V em relação aos demais, sendo o único mais próximo do verde. No parâmetro b^* , da escala entre azul e amarelo, o ponto V também apresentou diferença estatística com um valor menor mais próximo do azul, enquanto o ponto VA, com o maior valor, se aproximou mais do amarelo. No parâmetro C^* , novamente apenas o ponto V difere estatisticamente dos demais, demonstrando menor saturação de cor. Para hue (h°), o ponto V diferiu estatisticamente tendo o valor mais próximo do amarelo, enquanto os demais com valores inferiores se aproximam mais do vermelho (Tabela 1). Esses valores corroboram com o estado visual dos frutos de acordo com a maturação em cada ponto de colheita

e são importantes para evitar a subjetividade em relação à avaliação de cor para a determinação do ponto de colheita ideal para a qualidade de sementes.

Tabela 1. Coloração (L^* , a^* , b^* , C^* e h°) da epiderme dos frutos de *Physalis peruviana* L. em diferentes pontos de colheita. (Araras, SP - 2023).

Pontos de colheita	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
V	71,29 A	0,85 B	54,06 B	54,41 B	89,42 A
VA	69,06 A	18,32 A	60,56 A	63,36 A	73,18 B
A	69,19 A	17,79 A	58,94 AB	61,60 A	73,22 B
AP	69,25 A	20,67 A	59,14 AB	62,66 A	70,76 B
P	65,34 A	22,64 A	57,61 AB	61,95 A	68,43 B
CV (%)	4,68	21,64	5,46	4,94	4,93

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Os valores das massas tanto com cálice quanto sem cálice dos frutos de *physalis* apresentaram diferença apenas no ponto de colheita V, o de coloração ainda verde (Tabela 2). O mesmo ocorre para as medidas de diâmetro e mais expressivamente nas de altura, com o ponto P apresentando maior valor e o V o menor valor, diferindo estatisticamente dos demais. Os valores de massa são semelhantes aos encontrados por Rodrigues et al. (2014), de 2,843 g para o fruto sem cálice e 3,050 g para o fruto com cálice, enquanto os diâmetros estão de acordo com os estabelecidos por Fischer et al. (2000), de 1,25 cm a 2,50 cm.

Tabela 2. Atributos físicos dos frutos de *Physalis peruviana* L. em diferentes pontos de colheita. (Araras, SP - 2023).

Pontos de colheita	Massa com cálice (g)	Massa sem cálice (g)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)
V	2,48 B	1,98 B	1,24 B	1,32 C
VA	3,74 A	3,19 A	1,51 A	1,58 AB
A	3,39 A	2,92 A	1,45 A	1,51 B
AP	3,56 A	3,24 A	1,51 A	1,60 AB
P	3,91 A	3,71 A	1,59 A	1,70 A
CV (%)	25,38	27,07	11,71	11,26

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

3.3.2 Análises de qualidade de sementes

De acordo com os resultados obtidos para qualidade das sementes (Tabela 3), o ponto de colheita do fruto de *P. peruviana* que obteve maior média de sementes foi o AP, não diferindo de VA e P, enquanto os demais estágios de desenvolvimento dos frutos apresentaram menores médias. Rodrigues (2018) observou uma média de 136 sementes por fruto, valor semelhante ao encontrado por Souza (2015), de 138 sementes, e por Rodrigues et al. (2014), de 135. Entretanto, nos estudos de Lagos et al. (2008) foram obtidas 241, valor mais aproximado aos vistos no presente trabalho. O valor descrito por Fischer et al. (2000) foi de 150 a 300 sementes por fruto, e especificamente em frutos produzidos em diferentes localidades da Colômbia, foram encontradas de 250 a 320 sementes (Almanza, 2000). Diniz (2018), comparando quatro pontos de colheita e dois momentos de florescimento por dois anos, contou de 250 a 330 sementes por fruto. Dessa forma, os valores aqui descritos estão pertinentes ao visto em outros estudos sobre *physalis*.

Em Rodrigues (2018), concluiu-se que o número de sementes aumenta conforme a maturação do fruto e que quanto maior o fruto, maior o número de sementes, corroborado por Macedo et al. (2009). No entanto, Rodrigues et al. (2014) concluíram a partir de coeficientes de correlação de Pearson entre as massas e tamanho dos frutos e de sementes, o oposto; quanto maior o fruto, menor o número de sementes. No presente estudo, não é possível fazer tal afirmação, pois os valores de massas, diâmetro e altura não diferiram estatisticamente a partir de VA, e os maiores número de sementes foram observados nos pontos de colheita VA, AP e P.

Tabela 3. Atributos físicos de sementes recém-extraídas de frutos de *Physalis peruviana* L. em diferentes pontos de colheita (Araras, SP - 2023).

Pontos de colheita	Sementes úmidas (recém-extraídas)			
	Massa matéria fresca (g)	Teor de água (%)	Massa matéria seca (g)	Nº sementes por fruto
V	0,19 A	38,45	0,12 A	202,80 B
VA	0,15 A	28,14	0,10 A	235,20 AB
A	0,19 A	34,64	0,12 A	213,40 B
AP	0,13 A	36,55	0,10 A	275,80 A
P	0,13 A	29,89	0,09 A	238,80 AB
CV (%)	14,16	-	17,88	13,72

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Segundo Diniz (2018) e Almanza (2000), a massa de 1000 sementes de *Physalis peruviana* L. é de aproximadamente 1 g, condizente com o encontrado por Rodrigues et al. (2014), de 0,095 g para 100 sementes e próximo dos valores obtidos nesse estudo, entre 0,100 g e 0,200 g, tanto para as sementes úmidas (recém-extraídas) quanto após secagem (Tabela 4).

Não houve diferença estatística entre os pontos de colheita para as massas de matéria fresca e seca das sementes recém-extraídas. Entretanto, o ponto V apresentou maior valores de massas e teor de água. Isso se deve ao fato de que antes de atingir a maturidade fisiológica, as sementes apresentam, além das reservas acumuladas, elevados teores de água, que vão decrescendo linearmente conforme o avançar da maturação (Rodrigues, 2018).

O teor de água das sementes, para as sementes recém-extraídas dos frutos (Tabela 3), obteve valores altos, por volta de 30% em todos os pontos de colheita. Houve pouca diferença entre os pontos, não sendo avaliada estatisticamente, tendo o ponto V o maior valor e os pontos VA e P os menores. Após a secagem, o teor de água diminuiu expressivamente (Tabela 4), se estabelecendo entre 6 e 9%, sendo os menores valores para os pontos de colheita menos maduros e aumentando até os pontos de colheita mais maduros, com exceção do P, que apresentou valor inferior.

Tabela 4. Atributos físicos de sementes de *Physalis peruviana* L. após secagem por sete dias em câmara fria e seca (10 °C e 40% UR) em diferentes pontos de colheita. (Araras, SP - 2023).

Pontos de colheita	Sementes secas (pós-secagem)		
	Massa matéria fresca (g)	Teor de água (%)	Massa matéria seca (g)
V	0,18 A	6,42	0,17 A
VA	0,20 A	7,82	0,18 A
A	0,15 A	8,66	0,13 A
AP	0,25 A	8,75	0,23 A
P	0,22 A	7,92	0,20 A
CV (%)	18,06	-	17,58

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Os valores das sementes recém-extraídas estão de acordo com os obtidos por Diniz (2018), que avaliou quatro pontos de colheita de *P. peruviana* e também observou teor de água por volta de 30% para todos os pontos em dois pontos de florescimento da planta por dois anos. No estudo, também foi observado decréscimo do teor de água.

O decréscimo no teor de água é caracterizado por Carvalho e Nakagawa (2012) como um processo de desidratação de sementes que ocorre em frutos carnosos, em que lentamente a umidade reduz até que as sementes atinjam o ponto de equilíbrio higroscópico, sujeitas a alterações conforme a umidade relativa do ambiente. Segundo Marcos Filho (2005), a partir desse momento a semente apresenta o máximo de qualidade fisiológica e o ponto de colheita ideal, pois este ponto caracteriza a preparação para romper as ligações e o fluxo de foto assimilados com a planta-mãe.

Para o teste de germinação, com avaliações aos 7 e 14 dias, houve diferença entre os pontos de colheita tanto para as sementes recém-extraídas (úmidas) quanto para as sementes secas (após secagem) (Tabela 5).

Tabela 5. Porcentagem de germinação de sementes dos frutos de *Physalis peruviana* L. recém-extraídas (úmidas) e pós-secagem (secas) em diferentes pontos de colheita, aos 7 e 14 dias após acondicionamento em caixa Gerbox. (Araras, SP - 2023).

Pontos de colheita	Germinação (%)			
	Úmidas		Secas	
	7 dias	14 dias	7 dias	14 dias
V	0 B	27 B	0,5 B	17,5 B
VA	5,5 AB	48,5 AB	4 AB	40,5 AB
A	9 A	86 A	6 AB	65 A
AP	3,5 AB	55,5 AB	8,5 A	49 A
P	1,5 AB	52 AB	7 A	50,5 A
CV	94,79	33,01	56,61	31,14

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Os valores da primeira avaliação (7 dias) nas sementes úmidas diferiram estatisticamente entre si para o ponto V, que não germinou, e para o ponto A, que obteve maior germinação. Aos 14 dias, a diferença se manteve para os mesmos pontos, sendo V com menor germinação e A com a maior, de 86%.

Nas sementes secas, a maior germinação aos 7 dias foram dos pontos AP e P, porém não diferindo de VA e A, e o menor em V, apresentando comportamento crescente até o ponto AP e diminuindo no ponto P. Aos 14 dias, novamente o ponto V diferiu, tendo a menor germinação, aumentando até o ponto A, que não diferiu de P e AP. Esses três pontos de colheita se destacaram com os maiores valores.

As sementes de *Physalis* sp. são ortodoxas, ou seja, possuem como característica a tolerância à dessecação e a possibilidade de armazenamento por longos períodos a baixas temperaturas sem que isso afete seu potencial de germinação (Souza et al., 2014). Porém, além do ponto de colheita, o processamento das sementes também pode interferir na sua qualidade final, diminuindo a germinação e o vigor.

De acordo com Mazorra et al. (2003), o desenvolvimento das sementes de *P. peruviana* está ligado ao dos frutos, sendo a germinação das sementes um dos parâmetros utilizados para determinar a maturidade fisiológica. Essa

conclusão também foi observada por Diniz (2018), em que os testes de germinação demonstraram aumento percentual com o avançar da maturação dos frutos, diferentemente do observado por Sbrussi et al. (2014), que concluíram que o estágio de maturação do fruto não interfere na germinação e no vigor da semente.

Para o teste de emergência de plântula, observou-se menores porcentagens nos pontos menos maduros (V e VA), que foi aumentando conforme a maturação, embora o maior valor tenha sido o do ponto A, que não diferiu dos pontos P e AP.

Tabela 6. Parâmetros de vigor das sementes de *Physalis peruviana* L. após secagem em diferentes pontos de colheita. (Araras, SP - 2023).

Pontos de colheita	Emergência de plântula (%)	Índice de Velocidade de Emergência (IVE)
V	22 B	0,61 B
VA	32 B	0,85 B
A	74 A	1,91 A
AP	69,5 A	1,80 A
P	71,5 A	1,76 A
CV (%)	14,73	22,04

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Em Diniz (2018), com a análise dividida em quatro pontos de colheita e dois momentos de floração das plantas durante dois anos, também foi observado baixos valores de emergência de plântula no ponto menos maduro e aumento conforme maturação, porém, com valores expressivamente superiores a partir do segundo ponto de colheita (60 DAA, equivalente nesse trabalho entre o ponto VA e A, cálice ainda parcialmente esverdeado amarelado e fruto amarelado).

Sbrussi et al. (2014) verificaram que a emergência de plântula no ponto menos maduro foi de 78,5%, mas o maior valor ocorreu no segundo ponto (equivalente ao VA nesse trabalho), 81%, decaindo no terceiro e quarto e aumentando novamente no mais maduro, comportamento semelhante ao observado no presente experimento.

A baixa emergência de plântula no ponto V do presente experimento se deve provavelmente ao ponto de maturidade fisiológica das sementes, que ainda não havia sido atingido. Segundo Almanza (2000), ao atingir a maturidade fisiológica as sementes de *P. peruviana* mudam inclusive de cor, passando do esbranquiçado para um bege claro. Rodrigues (2018) observou que melhores taxas de vigor, baseado inclusive em emergência de plântulas, ocorrem apenas a partir do estágio de maturação dos frutos de 34 DAA (equivalente ao ponto A nesse estudo, com frutos e cálice totalmente amarelos), pois é quando as sementes já se encontram formadas, favorecendo a velocidade e o total de emergência das plântulas.

Rodriguez-Burgos et al. (2011) ressaltaram que mesmo que a maturação dos frutos e das sementes não seja atingida ao mesmo tempo, a qualidade fisiológica aumenta gradativamente até atingir seu potencial máximo, que de acordo com Marcos Filho (2005) se dá após ocorrer o máximo acúmulo de matéria seca e decréscimo do teor de água, o que coincide com o ponto de maturidade fisiológica.

Quanto ao Índice de Velocidade de Emergência (IVE), os valores para os pontos menos maduros (V e VA) também foram inferiores e diferiram dos demais. Houve aumento expressivo no ponto A, que apresentou o maior valor, não diferindo estatisticamente dos pontos AP e P. Diniz (2018) obteve valores de IVE semelhantes nos pontos menos maduros, inferiores a 1, porém, a partir do segundo ponto de maturação, os valores saltaram para mais de 2, chegando a ultrapassar 3 no primeiro ano avaliado. Dessa forma, o destaque do valor do ponto A em relação aos demais corrobora com a proposição de que próximo a esse ponto é o momento em que as sementes atingiram maturidade fisiológica.

Segundo Almanza (2000), muitas doenças limitantes para germinação e posterior cultivo podem ser transmitidas para as plantas de *P. peruviana* através das sementes, entre elas, podem ser citadas como as principais causadas por fungos as manchas nas folhas (*Cladosporium fulvum*), a podridão da planta (*Alternaria solani*) e a podridão do colmo e das raízes (*Fusarium* sp.). Os dados de ocorrência desses patógenos estão apresentados na Tabela 7.

Não houve efeito significativo em relação aos pontos de colheita para nenhum patógeno observado.

Tabela 7. Ocorrência média de fungos patogênicos nas sementes de *Physalis peruviana* L. pós-secaagem em diferentes pontos de colheita. (Araras, SP - 2023).

	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Epicoccum</i>	<i>Nigrospora</i>	<i>Bipolaris</i>	Méd
V	10	1	5	5	1	1	1	3,4
VA	5	2	3	4	1	1	1	2,4
A	4	1	2	1	0	1	0	1,3
AP	6	0	1	4	0	4	0	2,1
P	9	0	2	1	1	1	0	2
Méd	6,8	0,8	2,6	3	0,6	1,6	0,4	

V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Pela análise sanitária, os gêneros de fungos encontrados em sementes de *Physalis peruviana* L. foram *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Nigrospora* e *Bipolaris* (Tabela 7). O mais frequente foi *Aspergillus*, presente em todos os pontos de colheita e com maior incidência no ponto V, seguido pelo ponto P. Em seguida, os de maior ocorrência foram *Cladosporium* e *Fusarium*, ambos também presentes em todos os pontos e com maior incidência no ponto V, embora em menor proporção. Dos outros gêneros, apenas *Nigrospora* ocorreu em todos os pontos, embora menos, enquanto os demais apareceram de forma isolada em alguns pontos.

Apenas os pontos V e VA tiveram ocorrência de todos os gêneros de fungos analisados. *Bipolaris* apareceu exclusivamente neles, similarmente a *Penicillium* e *Epicoccum*, que também ocorreram isoladamente em outro ponto (respectivamente A e P). Os pontos que apresentaram maior incidência média de fungos foram V (3,4%) e VA (2,4%).

No trabalho de Diniz (2018), foram encontrados os mesmos gêneros de fungos e também *Alternaria*, ausente nesse experimento. Os de maior ocorrência foram *Cladosporium*, *Penicillium* e *Epicoccum*, e os fungos *Alternaria*, *Bipolaris* e *Aspergillus* não ocorreram após armazenamento. Diniz (2018) observou maior ocorrência de fungos no ponto mais maduro das sementes recém-extraídas, 90 DAA (equivalente ao ponto de colheita P nesse

experimento) e após secagem, a maior incidência foi no ponto menos maduro 45 DAA (equivalente ao ponto de colheita V nesse experimento).

Portanto, diferentemente ao observado por Diniz (2018), os fungos mais frequentes foram os dos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Fusarium*, respectivamente.

Analisando todos os testes de qualidade de sementes realizados, os pontos de colheita que mais se destacaram foram os de cálice amarelo (A) e amarelo-palha (AP). Entretanto, nos parâmetros de germinação e vigor, como emergência de plântulas e velocidade de emergência, os melhores resultados foram do ponto A, determinando que esse ponto de colheita garante que as sementes já atingiram a maturidade fisiológica e que deve ser indicado como sendo o ponto ideal para a colheita dos frutos de *physalis*.

3.4 CONCLUSÕES

O ponto ideal de colheita dos frutos de *Physalis peruviana* L. visando a produção de sementes de qualidade é com cálice de coloração a partir de amarela (A).

Os fungos patogênicos mais frequentes foram dos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Fusarium*.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMANZA, P. J. Propagación. In: FLOREZ, V.J.; FISCHER, G.; SORA, A. **Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.)**. Unibiblos: Universidad Nacional de Colombia, p. 27-40, 2000.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 398p. 2009a.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 200p. 2009b.

CAMACHO, I. P.; HERNANDEZ, V. A. G.; GARAY, O. J. A.; SALAZAR, J. A. C.; SANTOS, G. G.; LOMELÍ, A. P.; CESPO, E. C. Calidad fisiológica de semillas se *Physalis ixocarpa* em función de madurez a cosecha y condiciones de almacenamiento. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 3, n. 1, p. 67-78, 2012.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.d. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CARVALHO, T. C.; D'ANGELO, J. W. D. O.; SCARIOT, G. N.; SAES JÚNIOR, L. A.; CUQUEL, F. L. Germinação de sementes de *Physalis angulata* L.: estágio de maturação do cálice e forma de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 357-362, 2014.

DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Seed News**, v. 5, n. 6, p. 22-24, 2001.

DINIZ, F. O. **Estudos da maturação do fruto e das sementes de *Physalis peruviana* L. e do teste de germinação**. 110p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2018.

FISCHER, G.; ALMANZA-MERCHAN, P. J.; MIRANDA, D. Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 1-15, 2014.

LAGOS, T. C. B.; CABRESSA, F. A. V.; ESCOBAR, H. C.; FLÓREZ, J. E. M. Biología reproductiva de la uchuva. **Acta Agronómica Colombiana**, v. 57, p.81-87, 2008.

MACEDO, M. C.; SCALON, S. P. Q.; SARI, A. P.; FILHO, H. S.; ROSA, Y. B. C. J.; ROBAINA, A. D. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Magonia pubescens* ST. Hil (SAPINDACEAE), **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.202-211, 2009.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. 659p.

MAXIMIANO, C. V.; CARMONA, R.; SOUZA, N. O. S.; DE ALENCAR; E. R.; BLUM, L. E. B. Physiological and sanitary quality of maize seeds preconditioned in ozonated water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 360-365, 2018.

PAIVA, F. J. S. **Qualidade de sementes de *Physalis peruviana* L. produzidas em diferentes níveis salinos**. Monografia (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.

PUENTE, L. A.; PINTO-MUÑOZ, C. A.; CASTRO, E. S.; CORTÉS, M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1733-1740, 2011.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Viena. 2023.

RODRIGUES, E.; ROCKENBACH, I. I.; CHAVES, E. S.; FETT, R. Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 642-645, 2009.

RODRIGUES, F. A.; PENONI, E. S.; SOARES, J. D. R.; SILVA, R. A. L.; PASQUAL, M. Caracterização física, química e físico-química de physalis cultivada em casa de vegetação. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1411-1414, 2014.

RODRIGUES, M. H. B. S. **Caracterização fenológica, produtividade e maturação de frutos e sementes de *Physalis peruviana* L.** 2018. 69p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical). Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

RODRÍGUEZ-BURGOS, A.; AYALA-GARAY, O. J.; LIVERA, A. H.; LEAL-LEÓN, V. M.; CORTEZ-MONDACA, A. E. Desarrollo de fruto y semilla de cinco

variedades de tomate de cáscara en Sinaloa. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 2, n. 5, p. 673-687, 2011.

SBRUSSI, A. G.; ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M. P.; SILVA, B. V. A. B. S. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 543-549, 2014.

SOUZA, C. L. M. **Armazenamento de sementes e caracterização morfofisiológica de espécies do gênero *Physalis***. 91p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

SOUZA, M. O.; SOUZA, C. L. M. D.; BARROSO, N. D. S.; PELACANI, C. R. Preconditioning of *Physalis angulata* L. to maintain the viability of seeds. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 153-156, 2014.

4 CAPÍTULO 3 – MATURAÇÃO E CARACTERÍSTICAS PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE *Physalis peruviana* L.

RESUMO

Os frutos de *Physalis peruviana* L. se diferenciam por sua aparência recoberta por um cálice que os protege de herbívoros e intempéries e por suas propriedades medicinais e nutracêuticas. No entanto, apenas a coloração dos cálices e frutos não pode ser utilizada como indicativo de maturação isoladamente, devendo ser comparada a atributos de qualidade física, química e bioquímica. No presente estudo, objetivou-se avaliar as características físico-químicas, pós-colheita e sensoriais dos frutos de *Physalis peruviana* L. durante a maturação para determinar seu ponto ideal de colheita. Para isso, foram transplantadas mudas de *Physalis peruviana* L. produzidas através da semente, para o campo experimental e, no período de frutificação, foram definidos cinco pontos de colheita considerando como marcador morfológico a coloração do cálice (V - verde, VA - verde-amarelo, A - amarelo, AP - amarelo-palha e P - palha). De cada ponto de colheita foram colhidos 40 frutos, sendo avaliados no dia de colheita, aos 10 dias e aos 20 dias após a colheita. Os atributos avaliados nas análises físico-químicas e pós-colheita foram: tamanho (altura e diâmetro), massa com e sem cálice, cor instrumental, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), índice de maturação (IM) e perda de massa. Nas análises realizadas durante os três períodos de tempo, os maiores valores de massas, diâmetro e altura foram dos pontos mais maduros, assim como de SST e IM. Frutos colhidos no ponto P tendem a reduzir de tamanho após período de armazenamento. Os maiores valores de ATT e perda de massa foram para o ponto V. Levando em consideração os parâmetros de qualidade e capacidade de manter suas características, o ponto de colheita ideal para maior aproveitamento pós-colheita e durabilidade do produto é o com cálice amarelo-palha.

Palavras-chave: fisális, ponto de colheita, qualidade de alimentos orgânicos.

4.1 INTRODUÇÃO

Physalis peruviana L. é uma planta da família Solanaceae considerada rústica e de porte arbustivo, podendo ser anual ou perene de acordo com as condições edafoclimáticas onde é cultivada (Rufato et al., 2013; Diniz, 2018). Seus frutos são reconhecidos pelo sabor peculiar e aparência diferenciada, sendo recoberto por um cálice feito de folha fina que tem como função protegê-lo contra herbívoros e intempéries (Silva et al., 2013).

O fruto maduro de *P. peruviana* é do tipo baga carnosa, de formato esférico ou ovoide, medindo cerca de 2 cm de diâmetro, fortemente odorífero e de coloração amarelo-alaranjada (Silva et al., 2013; Fischer et al., 2000). É considerado um alimento funcional por ser repleto de propriedades medicinais e nutracêuticas, trazendo benefícios para a saúde (Puente et al., 2011). É rico em vitaminas A, do complexo B e C e possui compostos vitaesteroides conhecidos como fisalinas, que têm sido estudados na inibição do crescimento de células tumorais (Fischer et al., 2000; Zavala, 2006).

Puente et al. (2011) afirmaram que os frutos de *physalis* são conhecidos por suas propriedades sensoriais características de sabor, odor e cor, e pelo valor nutricional devido ao conteúdo de proteína, fósforo e ferro. Também são ricos em micronutrientes como minerais, fibras e compostos fenólicos, que são os principais responsáveis pela sua atividade antioxidante. Segundo Kim et al. (2003), seu teor final pode ser influenciado por fatores como a maturação, a espécie, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento.

Quanto à maturação e ponto de colheita dos frutos de *P. peruviana*, seu principal indicador é a avaliação visual da coloração do cálice, enquanto a cor da epiderme do fruto é considerada como parâmetro para classificação na pós-colheita (Diniz, 2018). No entanto, a coloração do fruto não é utilizada como indicador durante a colheita, já que o cálice se encontra completamente fechado impedindo sua visualização (Andrade, 2008). Dessa forma, o atributo de coloração de cálices e frutos é mais confiável quando avaliado em conjunto com outras características físicas, químicas e bioquímicas de qualidade (Fischer et al., 2000).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), qualidade é um conjunto de características que englobam aspectos técnicos mensuráveis e que diferenciam componentes individuais de um mesmo produto. A qualidade de produtos hortícolas pode ser mensurada por meio de parâmetros físicos, químicos, nutricionais e sensoriais, juntamente com sua integridade, cor, frescor e textura, fatores que podem ser influenciados a depender da cultivar, do tipo de solo, clima, sistema de produção e ponto de colheita (Camargo et al., 2009). Nesse sentido, é de suma importância que se façam avaliações físico-químicas, pós-colheita e sensoriais durante o desenvolvimento dos frutos, a fim de caracterizar devidamente o processo de amadurecimento e diferenciar seus estádios de maturação para obter o máximo de durabilidade e aproveitamento pós-colheita do produto, além de garantir o mínimo de perdas para o produtor.

Nesse contexto, o experimento objetivou avaliar as características pós-colheita e físico-químicas de frutos de *Physalis peruviana* L. durante a maturação a fim de determinar o ponto de colheita ideal.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Agricultura Orgânica da UFSCar, no município de Araras - SP (latitude 22°21'25" Sul, longitude 47°23'03" Oeste e altitude 646 m). O solo da região foi classificado como Latossolo vermelho distrófico (Santos et al., 2018).

A produção das mudas foi feita a partir de sementes de *physalis* (*P. peruviana* L.) extraídas do fruto obtido comercialmente. Foram plantadas quatro sementes de *physalis* em cada uma das 128 células de quatro bandejas de polietileno, totalizando 512 plantas, utilizando como substrato vermiculita com um terço de solo. Após dois meses de produção das mudas nas bandejas, com irrigação manual diária e uma adubação com biofertilizante, as mudas foram transplantadas para o campo experimental no fim de março de 2023, sendo 64 mudas em cada um dos quatro canteiros de cultivo, totalizando 256 plantas. As

mudas foram dispostas na área considerando o espaçamento entre linhas de 0,8 m e entre plantas de 0,5 m.

Foram feitas periodicamente aplicações de composto orgânico, oriundo de compostagem, para fertilização das plantas, além dos canteiros terem sido cobertos com palhada seca para manutenção da matéria orgânica e umidade do solo. A irrigação foi feita manualmente, com periodicidade de três dias, exceto nos períodos chuvosos. Quando necessário, o manejo de pragas e doenças foi realizado de acordo com as especificidades da agricultura orgânica, com pulverização de solução com *Bacillus thuringiensis* para controle biológico de insetos. O início da floração ocorreu em meados de junho, a maturação dos frutos em agosto e a colheita no início de setembro.

Análises físico-químicas e pós-colheita

As análises físico-químicas e pós-colheita foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, localizado em Araras - SP.

Para as análises físico-químicas e pós-colheita, foram colhidos 40 frutos de cada um dos cinco pontos de colheita pré-estabelecidos considerando como marcador morfológico a coloração do cálice: verde (V), verde-amarelo (VA), amarelo (A), amarelo-palha (A) e palha (P) (Figura 34) para avaliação em três diferentes períodos, totalizando 600 frutos.

As análises foram realizadas em três períodos considerando tempo 0 (no dia da colheita), 10 dias após a colheita e 20 dias após a colheita (DAC). Os frutos foram armazenados em caixas de plástico abertas sob temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$). Foram medidos o tamanho (altura e diâmetro, em centímetros) de 16 frutos aleatórios (4 repetições com 4 frutos) de cada ponto de colheita com paquímetro. Foi determinada a massa com e sem cálice (em gramas) em balança de precisão. Com base nessas medições, foi realizada a análise de perda de massa dos frutos entre o dia da colheita e após 10 dias de armazenamento dos frutos.

A cor instrumental foi obtida de quatro frutos aleatórios de cada ponto de colheita utilizando o colorímetro Minolta Chroma Meter - modelo CM-25d.

Foram feitas duas medições na epiderme por fruto. Segundo Ferreira e Spricigo (2017), os valores do parâmetro L^* indicam luminosidade (0 = negro e 100 = branco), os valores do parâmetro a^* caracterizam uma escala entre verde e vermelho, e de b^* entre azul e amarelo. Valores positivos indicam vermelho e amarelo, e valores negativos indicam a cor verde e azul, respectivamente. O chroma (C^*) indica a saturação, a intensidade da cor, que varia de 0 a 60. O ângulo da tonalidade (h°) representa graficamente o 0° e 360° como a cor vermelha, 90° amarelo, 180° verde e 270° azul.

Uma solução com dez frutos foi utilizada para determinação do pH com auxílio de pHmetro de bancada, os sólidos solúveis totais (SST) em $^\circ$ Brix, medido em um refratômetro digital e acidez total titulável (ATT), avaliada por titulometria de neutralização. Foram feitas três repetições de cada análise. Os SST e ATT foram determinados conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985). A partir da relação entre os valores de SST e ATT foi calculado o Índice de Maturação ($IM = SST/ATT$).

Análise estatística dos dados

O delineamento experimental para as análises físico-químicas e pós-colheita foi inteiramente casualizado (DIC) em parcelas subdivididas no tempo, 5x3 (cinco pontos de colheita avaliados em três tempos diferentes). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando o nível de significância $p \leq 0,05$ e, quando houve interação entre os fatores, utilizou-se o teste de Tukey para a comparação de médias no software R (R Core Team, 2023).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre o tempo de armazenamento e os pontos de colheita para todos os parâmetros da análise instrumental de cor dos frutos. As médias dos valores obtidos nesse trabalho, apesar de visualmente pertinentes com a realidade dos frutos, divergem de outros trabalhos.

Na Tabela 8, pode-se observar os valores de luminosidade (L^*) nos três diferentes períodos. Os valores de L^* obtidos em todos os pontos de colheita

no dia 0 são mais próximos de uma tonalidade clara, diferindo apenas no ponto de colheita P. Todos os valores de L^* no dia 0 também diferem dos demais pontos de colheita correspondentes aos 10 e 20 dias após a colheita, exceto no V, que não diferiu no dia 10. Apenas os pontos de colheita V e A diferiram nos valores de L^* do dia 10 para o dia 20, indicando que as tonalidades apresentaram escurecimento da coloração dos frutos nesses pontos. Os pontos de colheita no dia 20 não apresentaram diferença significativa. A partir desses dados, é possível observar que a coloração dos frutos escureceu ao longo do tempo de armazenamento para todos os pontos de colheita.

Tabela 8. Coloração (L^* , a^* , b^* , C^* e h°) da epiderme dos frutos de *Physalis peruviana* L. em diferentes pontos e dias após a colheita (0, 10 e 20 DAC). (Araras, SP - 2023)

Parâmetros	Tempo (DAC)	Ponto de colheita					CV (%)
		V	VA	A	AP	P	
L^*	0	68,64 Aa	68,78 Aa	69,73 Aa	67,45 Aab	63,84 Ab	CV ₁ = 4,29
	10	69,48 Aa	59,07 Bb	60,78 Bb	59,10 Bb	56,74 Bb	CV ₂ = 3,14
	20	57,11 Ba	55,75 Ba	54,43 Ca	56,59 Ba	54,18 Ba	
a^*	0	-0,52 Cc	18,73 Bb	19,67 Bab	22,63 Aab	24,54 Aa	CV ₁ = 9,60
	10	9,82 Bc	20,84 Bb	25,07 Aab	24,60 Aab	26,28 Aa	CV ₂ = 12,37
	20	22,32 Ab	27,44 Aa	27,83 Aa	22,09 Ab	23,71 Aab	
b^*	0	50,46 Ab	59,13 Aa	57,87 Aa	57,65 Aa	57,57 Aa	CV ₁ = 4,73
	10	53,97 Aa	52,64 Ba	55,79 ABa	53,39 ABa	53,79 ABa	CV ₂ = 4,95
	20	54,52 Aa	54,79 ABa	51,43 Ba	50,88 Ba	51,23 Ba	
C^*	0	51,17 Bb	62,06 Aa	61,19 Aa	61,97 Aa	62,61 Aa	CV ₁ = 4,24
	10	55,56 ABa	56,65 Ba	61,20 Aa	58,84 ABa	59,88 Aa	CV ₂ = 5,19
	20	59,09 Aa	61,33 ABa	58,57 Aa	56,33 Ba	57,31 Aa	
h°	0	91,44 Aa	72,42 Ab	71,27 Abc	68,56 Abc	66,88 Ac	CV ₁ = 3,38
	10	80,78 Ca	68,43 Ab	65,77 Bbc	62,27 ABbc	63,66 ABc	CV ₂ = 3,44
	20	68,21 Ca	63,45 Bb	61,44 Cb	62,77 Bb	61,10 Bb	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância. V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Restrepo (2008) e Botero (2008), em seus estudos, trouxeram valores de L^* na epiderme de frutos de *P. peruviana* L. maduros: 71,37 e 70,31. Ambos os valores são de tonalidade mais clara do que os obtidos nesse trabalho, próximos apenas dos valores de todos os pontos no dia de colheita (dia 0). O valor de L^* obtido por Mattos et al. (2018) para frutos maduros, 67,37, se aproxima mais dos do presente experimento, particularmente do ponto AP no dia da colheita (67,45), assim como os de Lima et al. (2009), que para os cinco pontos de colheita, obteve valores de 62,19 (menos maduro) a 67,04 (mais maduro).

Para os valores obtidos do parâmetro a^* , o de V no dia 0 diferiu estatisticamente entre os outros pontos de colheita nesse momento de avaliação e para os três tempos analisados. O valor apresentou um número negativo, o que indica que o ponto de colheita menos maduro tem a tonalidade mais próxima do verde que todos os outros. Em comparação aos valores do dia 10, o do ponto de colheita V ainda é mais baixo. Tanto no dia 0 quanto no 10, o ponto de colheita P, mais maduro, possui o valor mais elevado, indicando uma tonalidade mais próxima do vermelho que os demais (Tabela 8).

Restrepo (2008) obteve 15,20 para o parâmetro a^* , e Botero (2008), 14,31 para frutos maduros; valores mais aproximados da coloração verde que os desse experimento. Os obtidos por Lima et al. (2009) foram ainda menores, sendo o menos maduro -4,47 e o mais maduro 8,83. Silva (2013), com 19,29, se aproximou dos valores dos pontos VA (18,73) e A (19,67) no dia da colheita.

No parâmetro b^* , apenas os valores dos pontos de colheita no dia 0 diferiram entre si, sendo o ponto de colheita V inferior aos demais, mais azulado que amarelado. O restante dos valores não apresentou diferença significativa nos outros dias de avaliação (Tabela 8). Lima et al. (2009) obteve valores de 29,28 (menos maduro) a 38,45 (mais maduro), divergentes dos que aqui constam, com todos os pontos de colheita nos três períodos se aproximando mais da coloração amarela que da azul (>50). No entanto, Restrepo (2008) e Botero (2008) descreveram valores por volta de 60, ainda mais próximos de amarelo que os descritos nesse experimento.

Para o C^* , os pontos de colheita apenas diferiram entre si no dia 0, sendo o V um valor significativamente menor que os demais, demonstrando menor saturação. Entre os períodos de avaliação, AP e VA tiveram maior saturação no dia da colheita que nos outros dias (Tabela 8). Para esse parâmetro, Restrepo (2008) obteve 63,61 e Botero (2008) 62,50, ambos valores muito semelhantes aos obtidos nesse experimento em todos os pontos no dia da colheita, exceto V. Silva (2013) obteve 53,33, valor mais próximo aos de todos os pontos 10 dias após a colheita, denotando menor saturação na cor dos frutos avaliados em seu trabalho.

Para o ângulo hue (h°), os valores da maioria dos pontos de colheita independente do dia de avaliação estão abaixo dos 90, indicando que a coloração dos frutos está entre vermelho e amarelo. O único ponto de colheita que ultrapassa um pouco o valor do ângulo para o amarelo é o ponto V (91,44) no dia 0. Esse ponto de colheita diferiu de todos o do mesmo dia e dos seus valores correspondentes nos dias 10 e 20. Nos outros dias de análise, V também diferiu dos outros pontos de colheita, embora com redução dos valores, caracterizando a mudança de cor mais para o avermelhado que os frutos apresentam ao amadurecer (Tabela 8).

O ângulo h° , avaliado em mais estudos, denota decaimento do valor do ponto menos maduro (V) conforme amadurecimento, assim como observado por Lima et al. (2009), que obteve h° de 105,06 no ponto menos maduro e 74,69 no mais maduro. Isso representa a transformação do fruto amarelado para alaranjado ao amadurecer. Outros pesquisadores obtiveram valores semelhantes para o fruto maduro, um pouco mais elevado dos que os observados nesse estudo, sendo 75,65 (Mattos et al., 2018), 76,2 (Restrepo, 2008), 76,77 (Botero, 2008), 77,86 (Rodrigues et al., 2014) e 68,78 (Silva, 2013), mais próximo aos aqui descritos. Essas pequenas diferenças se devem provavelmente por variações edafoclimáticas no cultivo dos frutos que alteram suas características e por muitos estudos serem feitos com frutos maduros adquiridos comercialmente, sem levar em consideração o tempo de armazenamento desde que foram colhidos.

Para a altura, é possível observar que o ponto V possui os menores valores nos três períodos analisados, e que conforme a maturação dos frutos ocorre, a tendência é que os frutos aumentem de tamanho. Isso é visível nos pontos mais maduros, AP e P, que apresentam os maiores valores de altura em relação aos outros pontos, embora a altura dos frutos no ponto P diminua conforme o tempo de armazenamento. Com isso, é possível observar que os frutos colhidos já maduros tendem a reduzir de tamanho em relação a altura após o período de armazenamento (Tabela 9).

Tabela 9. Altura, textura, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e Índice de Maturação (IM) dos frutos de *Physalis peruviana* L. em diferentes pontos e dias após a colheita (0, 10 e 20 DAC). (Araras, SP - 2023).

Parâmetros	Tempo (DAC)	Ponto de colheita					CV (%)
		V	VA	A	AP	P	
Altura (cm)	0	1,35 Ab	1,63 Aa	1,59 Aa	1,62 Aa	1,67 Aa	CV ₁ = 6,73
	10	1,27 Ac	1,41 Bbc	1,47 ABab	1,59 Aa	1,63 Aa	CV ₂ = 5,30
	20	1,27 Ab	1,37 Bab	1,43 Bab	1,51 Aa	1,35 Bab	
Textura (N)	0	1,50 Ab	1,53 Bb	1,47 Ab	1,36 Ab	4,44 Aa	CV ₁ = 6,56
	10	1,47 Aa	1,45 Ba	1,45 Aa	1,36 Aa	1,28 Ba	CV ₂ = 5,56
	20	1,62 Aa	1,70 Aa	1,37 Ab	1,35 Ab	1,26 Bb	
SST (°Brix)	0	8,20 Bb	12,78 Ca	12,40 Ba	13,15 Ba	13,22 Ba	CV ₁ = 3,91
	10	10,57 Ab	13,55 Ba	13,15 Aa	13,67 ABa	13,90 Aa	CV ₂ = 2,95
	20	10,65 Ac	14,28 Aab	13,58 Ab	14,09 Aab	14,46 Aa	
ATT (g ác. cítrico/100)	0	0,81 Aa	0,77 Aab	0,76 Aab	0,73 Ab	0,59 Ac	CV ₁ = 5,04
	10	0,74 Ba	0,69 Bab	0,73 Aab	0,68 Bb	0,59 Ac	CV ₂ = 3,56
	20	0,65 Ca	0,58 Cb	0,57 Bb	0,51 Cc	0,50 Bc	
IM (SST/ATT)	0	10,16 Cc	16,49 Cb	16,35 Bb	17,85 Cb	22,60 Ba	CV ₁ = 7,20
	10	14,39 Bc	19,62 Bb	18,10 Bb	20,06 Bb	23,47 Ba	CV ₂ = 5,29
	20	16,25 Ac	24,75 Ab	23,94 Ab	27,93 Aa	29,00 Aa	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Nos valores da textura (ou firmeza), os do ponto menos maduro (V) não apresentaram diferença estatística, porém em VA, o valor de firmeza da epiderme dos frutos aumentou 20 dias após a colheita. A partir do ponto de colheita A, os valores apenas decrescem em cada ponto com o passar do tempo, denotando a diminuição da firmeza do fruto conforme esperado, embora o ponto P no dia de colheita tenha demonstrado um valor muito maior do que todos os obtidos nos outros pontos de colheita independente do período de avaliação.

Nos estudos de Velásquez et al. (2007), especificamente sobre a resistência mecânica da epiderme dos frutos de *P. peruviana* L. em diferentes níveis de maturação, os valores observados para firmeza máxima dos frutos verdes foi de 5,393 N, dos frutos amadurecendo de 2,715 N e dos frutos totalmente maduros de 1,697 N. Isso demonstra que os frutos menos maduros são os que possuem textura mais firme, e que esses valores reduzem conforme o fruto amadurece, apresentando uma textura gradualmente menos firme. Porém, os pesquisadores justificam que os frutos verdes possuem o valor de firmeza elevado apenas nos três primeiros dias após a colheita, se igualando aos pontos mais maduros com o passar do tempo, já que a resistência mecânica do fruto tende a cair com o tempo pós-colheita pela degradação da parede celular epidermal, tornando-o mais suscetível a danos. Portanto, no estudo citado, para além do grau de maturação, o período pós-colheita também demonstrou ser relevante para o atributo da textura do fruto (Velásquez et al., 2007).

No presente trabalho, quase todos os valores obtidos para textura são aproximados aos dos frutos totalmente maduros em Velásquez et al. (2007), independente do ponto de colheita, embora diminuam com o tempo decorrido de 10 dias. Nos pontos de colheita menos maduros, no dia da colheita, o ponto VA possui média mais elevada que no ponto V, mas reduz no ponto A e no ponto AP, conforme esperado no amadurecimento. Entretanto, o ponto P no dia de colheita apresentou um valor elevado em relação aos demais, e com o decorrer do tempo demonstrou a queda mais abrupta, obtendo aos 10 e 20

dias após a colheita os menores valores de textura do que todos os outros pontos, confirmando que o fruto maduro possui menor firmeza.

Analisando os teores de sólidos solúveis totais, é possível observar que a tendência dos valores é aumentar conforme a maturação e o tempo de armazenamento. A partir do ponto VA em diante, os teores passam a ter aumento expressivo e não diferem entre si nas análises do dia 0 e 10. No dia 20, os valores permaneceram altos em comparação aos dias anteriores. Entretanto, entre cada ponto, o que apresentou maior diferença entre os tempos de armazenamento foi VA.

Os valores de pH (Tabela 12) não demonstraram interação entre os fatores, mas as médias estão todas entre 3 e 4, indicando que o fruto possui pH considerado ácido. Entretanto, na análise de acidez total titulável (ATT, em gramas de ácido cítrico por 100 gramas de amostra), é possível constatar que a quantidade de acidez diminui conforme a passagem dos dias e os pontos de colheita, inversamente proporcional ao que ocorre com os sólidos solúveis totais (SST, em °Brix), que aumentam com o passar do tempo e com o avançar da maturação dos frutos. Em decorrência do aumento no teor dos sólidos solúveis totais e da redução da acidez total titulável, se observou um aumento do Índice de Maturação conforme o avanço dos estágios de maturação e também ao longo do tempo de armazenamento, em cada um dos pontos de colheita.

Na Colômbia, há uma norma técnica do Instituto Colombiano de Normas Técnicas e Certificação (ICONTEC, 1999), NTC 4850, que determina as características dos frutos de *Physalis peruviana* L. e estabelece padrões para comercialização. Nessa norma, a maturação é dividida em 7 pontos, diferente de na maioria dos trabalhos (que caracterizam em 4 ou 5) (Figura 36). Os pontos descritos pela norma, em tradução livre, são:

- 0 - fruto de cor verde escura fisiologicamente desenvolvido.
- 1 - fruto de cor verde um pouco mais claro.
- 2 - a cor verde se mantém na região próxima ao cálice e tons alaranjados aparecem no centro do fruto.
- 3 - fruto de cor laranja clara com notas verdes na região do cálice.

- 4 - fruto de cor laranja clara.
- 5 - fruto de cor laranja.
- 6 - fruto de cor laranja intensa.

Figura 36. Pontos de maturação de frutos de *P. peruviana* de acordo com a NTC 4580.



Fonte: ICONTEC (1999).

Além da coloração, que é trazida como um atributo visual importante, mas que segundo a norma não caracteriza isoladamente o avanço da maturação do fruto, são determinados padrões físico-químicos de qualidade trazidos a seguir:

Tabela 10. Padrões físico-químicos de SST, ATT e IM para cada nível de maturação de *Physalis peruviana* L. segundo a NTC 4850.

Cor	0	1	2	3	4	5	6
°Brix	9,4	11,4	13,2	14,1	14,5	14,8	15,1
% ác. cítrico	2,69	2,70	2,56	2,34	2,03	1,83	1,68
IM	3,5	4,2	5,2	6,0	7,1	8,1	9,0

Fonte: Herrera (2000), adaptado de ICONTEC (1999).

Comparando aos valores padrão físico-químicos de qualidade da ICONTEC (1999) vistos na Tabela 10 com os obtidos nesse experimento (Tabela 9), apenas pelos valores de °Brix (SST), o ponto de colheita V estaria entre os pontos de maturação 0 e 1, VA, A e AP entre 2 e 3, e P entre 3 e 4.

Na norma mexicana (Codex, 2005), muito semelhante à colombiana em todos os atributos físico-químicos, o mínimo estabelecido para comercialização dos frutos é de 14 °Brix, o que indica que apenas os frutos dos pontos de colheita VA, AP e P poderiam ser comercializados somente após 20 dias de armazenamento.

Lima et al. (2009) obtiveram valores de SST e ATT de 10,86 °Brix e 0,89 % de ácido cítrico respectivamente para o ponto menos maduro e 14,53 °Brix e 0,66 % de ácido cítrico para o ponto mais maduro. Da mesma forma, para o Índice de Maturação (IM) , os valores para o ponto menos maduro foram de 14,94 e 13,98 e o mais maduro 22,18 e 26,60. Todos esses valores são semelhantes aos aqui descritos.

Com tudo isso, é possível observar que sendo um fruto climatérico (Trincherro et al., 1999), a *P. peruviana* continua a amadurecer fora da planta, e apesar de ser um fruto ácido, seus teores de sólidos solúveis e açúcares tendem a aumentar conforme o grau de maturação. Isso é perceptível no IM, que apresenta mais claramente essa diferença, já que os valores aumentam em direção dos pontos de colheita mais maduros e com o passar do tempo de armazenamento.

Analisar o valor do IM é mais importante que apenas os valores de SST e ATT separadamente, pois é esse balanço entre a acidez e os açúcares que constitui o sabor do fruto (Chitarra e Chitarra, 2005), fornecendo uma indicação de qualidade. Um valor muito baixo indica um fruto com mais acidez do que o desejável, porém, um valor mais alto indica maturação avançada (Lima et al., 2009). Pelos valores do IM, os frutos nos pontos de colheita VA, A e AP tiveram aumento significativo na maturação após a colheita, atingindo os valores do ponto mais maduro (P) no dia da colheita e nos outros dias de armazenamento, o que demonstra que para esse parâmetro os três pontos poderiam ser boas opções para colheita do fruto.

Os parâmetros massa com e sem cálice e diâmetro dos frutos apresentaram efeito significativo apenas quanto aos pontos de colheita (Tabela 11).

Tabela 11. Massa e diâmetro dos frutos, com e sem cálice, de *Physalis peruviana* L. em diferentes pontos de colheita. (Araras, SP, 2023).

Parâmetro	Ponto de colheita					CV (%)
	V	VA	A	AP	P	
Massa com cálice (g)	2,53 b	3,54 a	3,62 a	3,55 a	3,77 a	CV ₁ = 7,59
Massa sem cálice (g)	2,27 b	3,22 a	3,33 a	3,31 a	3,59 a	CV ₁ = 8,64
Diâmetro (cm)	1,26 b	1,38 ab	1,42 a	1,50 a	1,48 a	CV ₁ = 7,04

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Para as massas dos frutos, tanto com cálice quanto sem cálice, é perceptível que os menores valores foram do ponto de colheita V, diferindo dos demais. Os valores dos outros pontos de colheita não apresentaram diferença significativa entre si. Comportamento semelhante é observado no diâmetro, que também possui menor valor no ponto V, diferindo dos pontos de colheita A, AP e P, demonstrando maiores diâmetros nos frutos mais maduros.

As médias dos valores das massas estão de acordo com os obtidos por Mattos et al. (2018), de 3,47 g, e Rodrigues et al. (2014), de 2,84 g o fruto sem cálice e 3,05 g com cálice. Entretanto, os valores médios são um pouco inferiores aos estabelecidos por Fischer et al. (2000), de 4 a 10g.

Já com diâmetro e altura (Tabela 11), que segundo Fischer et al. (2000) vão de 1,25 cm a 2,50 cm, os valores obtidos estão de acordo, independente do tempo decorrido ou do ponto de colheita. Também estão próximos aos obtidos por Lima et al. (2009), que obteve médias de 1,41cm para frutos verdes e 1,80cm para frutos mais maduros.

Foi possível observar que os frutos possuem tendência de ser menores e mais leves no ponto de colheita menos maduro (V), em comparação ao mais maduro (P). Entretanto, é notável que com a passagem do tempo após a colheita, os frutos passam por redução de massa e também de tamanho. Embora o diâmetro, assim como as massas, não tenha demonstrado interação

significativa com o fator tempo de armazenamento, a altura média dos frutos nos pontos de colheita VA, A e P diminuiu com o passar dos dias de análise.

Segundo Fischer et al. (2011) e Silva et al. (2013), essa diminuição ocorre por conta da perda de água dos frutos decorrente do processo metabólico de respiração, o que determina sua perecibilidade e compromete sua qualidade após determinado tempo da colheita.

O fruto da *P. peruviana* possui alta taxa de respiração e de produção de etileno, gás responsável pela maturação (Herrera, 2000). Com a perda de líquidos, há a concentração de compostos como os sólidos solúveis totais, o que justifica o aumento de seu teor e a diminuição dos ácidos orgânicos, consumidos em baixa proporção no processo de maturação do fruto pela ação enzimática. Entretanto, o aumento da concentração dos sólidos solúveis nos frutos pode estar associado a velocidade de sua deterioração e fermentação, o que define sua perecibilidade. Já a concentração de ácidos pode ser vista como benéfica para o armazenamento, pois desfavorece a proliferação de microrganismos e promove maior durabilidade, embora possa ser menos agradável ao paladar do consumidor.

Segundo Silva et al. (2013), após um período de armazenamento de 21 dias os sólidos solúveis totais também passam a ser degradados pela respiração e seus teores passam a baixar. Porém, o período analisado pelo presente estudo (0, 10 e 20 dias) foi mais curto que o desses pesquisadores, não indicando redução nos teores de SST em nenhum dos pontos de colheita durante a realização do experimento.

A massa com cálice, diâmetro e pH dos frutos mostraram efeito significativo do tempo de armazenamento (Tabela 12).

Tabela 12. Massa, diâmetro e pH de frutos com cálice de *Physalis peruviana* L. analisados em diferentes dias após a colheita (0, 10 e 20 DAC).

Tempo (DAC)	Parâmetros		
	Massa com cálice (g)	Diâmetro (cm)	pH
0	3,59 A	1,47 A	3,50 C
10	3,21 B	1,43 A	3,92 B
20	-	1,32 B	4,14 A
CV (%)	13,45	5,84	4,22

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Conforme discutido nos parâmetros anteriores, pode-se observar que houve uma redução significativa de massa dos frutos com cálice entre o dia da colheita e a análise após 10 dias de armazenamento. O mesmo ocorreu com o diâmetro dos frutos, que teve diminuição significativa apenas após 20 dias de armazenamento, mantendo valor pouco inferior na análise após 10 dias.

O pH dos frutos demonstrou aumento conforme o tempo de armazenamento, com diferença significativa entre a análise do dia da colheita e após 10 dias. Após 20 dias, houve novamente aumento significativo. Uma justificativa plausível para o aumento do pH é a redução observada da acidez total titulável conforme o tempo de armazenamento para todos os pontos de colheita.

Comparando com outros trabalhos, os valores médios de pH medidos por Lima et al. (2009), que como no presente experimento também dividiu os pontos de maturação em cinco, foram semelhantes aos que aqui constam. Para o ponto menos maduro, os pesquisadores obtiveram pH de 3,52 e 3,41 variando o sistema de condução, e para o mais maduro, 3,61 e 3,58. Restrepo (2008) obteve um valor médio de 3,39, Castañeda e Paredes (2003) de 3,52 e Botero (2008) e Silva (2013) de 3,67, entretanto, apenas do fruto maduro sem especificações quanto ao tempo de colheita e armazenamento.

Quanto à análise de perda de massa durante o armazenamento (Tabela 13), os pontos de colheita que representaram menores valores foram os mais

maduros (AP e P) para os frutos com cálice. Dos frutos sem cálice, todos os pontos de colheita perderam pouca massa e não diferiram a partir do ponto VA, mas deve-se levar em conta que esses frutos possuem massas menores e sofrem maior exposição durante o armazenamento pela falta de proteção externa, deixando-os mais sujeitos a perda de líquidos e degradação mais rápida.

Tabela 13. Porcentagem de perda de massa de frutos, com e sem cálice, de *Physalis peruviana* L. após 10 dias de armazenamento (Araras, SP, 2023).

	Ponto de colheita					CV (%)
	V	VA	A	AP	P	
Massa com cálice	16,55 a	12,23 b	10,84 b	8,00 c	5,17 d	9,34
Massa sem cálice	7,43 a	5,56 b	5,02 b	5,07 b	4,70 b	11,49

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. V- verde, VA- verde-amarelo, A- amarelo, AP- amarelo-palha, P- palha.

Os frutos de *P. peruviana*, sendo climatéricos (Trincherro et al., 1999), continuam a amadurecer e passar por processos de transformação físico-químicos após a colheita. Dessa forma, tanto o ponto de colheita, quanto o período de armazenamento influenciam em sua qualidade para comercialização e consumo.

As médias dos valores descritos no presente trabalho tanto para coloração da epiderme dos frutos, aspectos físico-químicos (pH, SST, ATT, IM) e biométricos (massa, diâmetro, altura e textura) de qualidade são semelhantes ou próximas das obtidas por diversos pesquisadores que são referência em estudos sobre *physalis*. Entretanto, as diferenças encontradas podem ser justificadas principalmente pelas condições edafoclimáticas e forma de cultivo, fatores que influenciam diretamente na qualidade (Chitarra; Chitarra, 2005), uma vez que esse estudo foi conduzido de acordo com os conceitos da agricultura orgânica, o que não ocorreu ou não foi especificado nos experimentos utilizados para comparação. Em especial nas características físico-químicas, os frutos descritos nos trabalhos eram majoritariamente de procedência comercial e totalmente maduros, não levando em conta o ponto em que foram colhidos e o período de armazenamento pós-colheita que está sendo avaliado.

Comparando todos os dados obtidos nas análises pós-colheita de qualidade dos frutos, é possível observar que para a maioria dos atributos se destacam os pontos VA, A e AP, preservando as características desejáveis mais próximas do ponto mais maduro (P) durante todo o período analisado. Isso se deve ao fato de que a partir do ponto VA, em que o fruto já está amarelo e o cálice verde está amarelado, é considerado que os frutos atingiram a maturidade fisiológica. Porém, tendo em vista parâmetros de qualidade como massa, tamanho e acúmulo de sólidos solúveis totais, muitas vezes os frutos nesse ponto apresentam valores inferiores aos requeridos para comercialização (Mazorra et al., 2003).

Bernal (1991) e Angulo (2005) apresentaram que o ponto ideal de colheita para *P. peruviana* deveria ser durante a passagem de coloração do cálice verde para o amarelo, equivalentes ao VA neste estudo. Lima et al. (2009), comparando formas de condução das plantas, corroborou esse resultado. Trincherro et al. (1999), ao recém compreenderem o fruto como climatérico, estabelecem como ponto ideal de colheita entre o verde-amarelado e fruto amarelo-escuro (VA e A), assim como Severo et al. (2010) e Rodrigues et al. (2012), este último que acrescenta também o amarelo-amarronzado (AP). Para Rufato et al. (2008) e Rodrigues (2018), entretanto, o melhor ponto é com o cálice amarelo (A).

Embora os três pontos de colheita tenham se destacado nesse experimento e possuam estudos diversos embasando sua escolha, o que mais se aproximou dos parâmetros desejados durante a maturação e a preservação pós-colheita foi o AP. Além de estar de acordo com os pontos estabelecidos no trabalho de Rodrigues et al. (2012), Silva et al. (2013) defenderam que a colheita em um estágio avançado de maturação auxilia na conservação pós-colheita evitando a disseminação de fungos através do cálice, que já se encontra parcialmente desidratado e não exige meios artificiais de secagem, além de não representar massa expressiva (Pareja et al., 2002). Nesse ponto também se encontram os melhores teores de sólidos solúveis, acidez titulável e altura dos frutos.

4.4 CONCLUSÕES

O ponto ideal de colheita dos frutos de *Physalis peruviana* L. visando os parâmetros de qualidade para comercialização e consumo é quando o cálice possui coloração amarelo-palha (AP). Frutos colhidos no ponto palha (P) tendem a reduzir de tamanho após período de armazenamento. O maior valor de perda de massa foi para o ponto menos maduro, verde (V).

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. Physalis ou uchuva: Fruta da Colômbia chega ao Brasil. **Revista Rural**, s. v., n. 38, p. 11-12, 2008.

ANGULO, R. (ed.). **Uchuva – El cultivo**. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2005.

BERNAL, J. A. Agronomic aspects of the cultivation of the uchuva, *Physalis peruviana*, on the high plateau of the Colombian departments of Cundinamarca and Boyacá. In: HAWKES, J.G.; LESTER, R. N.; NEE, M.; ESTRADA, N. **Solanaceae III, taxonomy, chemistry, evolution**. The Royal Botanic Gardens Kew and Linnean Society of London, UK, p. 459-460, 1991.

BOLZAN, R. P. **Conservação pós-colheita e caracterização de frutos de physalis (*Physalis angulata* L.) produzidos na Região Metropolitana de Curitiba-Paraná**. 100p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2013.

BOTERO, A. **Aplicación de la Ingeniería de Matrices en el desarrollo de la uchuva mínimamente procesada fortificada con calcio y vitaminas C y E**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas, ênfase Alimentos). Universidad de Antioquía, Facultad de química farmacéutica, 185p. 2008.

CAMARGO, L. K. P.; RESENDE, J. T. V.; GALVÃO, A. G.; BAIER, J. E.; FARIA, M. V.; CAMARGO, C. K. Caracterização química de frutos de morangueiro cultivados em vasos sob sistemas de manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, p. 993-998, 2009.

CASTAÑEDA, G.; PAREDES, R. **Estudio del proceso respiratorio, principales ácidos orgánicos, azúcares y algunos cambios físico-químicos en el desarrollo del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.)**. TCC (Graduação) – Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, 2003.

CHITARRA, M. L. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005, 785p.

CODEX. **Norma del codex para la uchuva, n 226**. México: Codex Alimentarius Stan, 2005. 4p.

DINIZ, F. O. **Estudos da maturação do fruto e das sementes de *Physalis peruviana* L. e do teste de germinação**. 110p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2018.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. **Colorimetria: princípios e aplicações na agricultura. Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças. Parte 4. Análises não destrutivas**. Embrapa Instrumentação, p. 209-220, 2017.

FISCHER, G.; FLOREZ, V. J.; SORA, A. **Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L.** Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Agronomía, **Editorial UN**, p. 9-26, 2000.

FISCHER, G.; HERRERA, A.; ALMANZA, P. J. **Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.)**. In: **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits**. Woodhead Publishing, p. 374-397, 2011.

FISCHER, G.; MARTÍNEZ; O. **Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) em relación con la coloración del fruto**. **Agronomía Colombiana**, v.16, n. 1-3, p. 35-39, 1999.

HERRERA, A. **Manejo Poscosecha**. In: FLOREZ, V.J.; FISCHER, G.; SORA, A. **Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.)**. Unibiblos: Universidad Nacional de Colombia, p. 109-128, 2000.

ICONTEC - INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. **NTC 4580: frutas frescas, uchuva, especificaciones**. Bogotá, 1999. 15p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, v.1. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 371p.

KIM, D. O.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 231-326, 2003.

LIMA, C. S. M.; GALARÇA, S. P.; BETEMPS, D. L.; RUFATO, A. R.; RUFATO, L. Avaliação física, química e fitoquímica de frutos de *Physalis*, ao longo do período de colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 1004-1012, 2012.

LIMA, C. S. M.; SEVERO, J.; ANDRADE, S. B.; AFFONSO, L. B.; ROMBALDI, C. V.; RUFATO, A. R. Qualidade pós-colheita de *Physalis* sob temperatura ambiente e refrigeração. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 311-317, 2013.

LIMA, C. S. M.; SEVERO, J.; MANICA-BERTO, R.; SILVA, J. A.; RUFATO, L.; RUFATO, A. R. Características físico-químicas de physalis em diferentes colorações do cálice e sistemas de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1061-1068, 2009.

MATTOS, M.; ASSIS, A. M.; FROLECH, D. B.; SANTOS OLIVEIRA, B. A.; RAMM, A.; MACIEJEWSKI, P. Características físico-químicas de frutos de *Physalis peruviana* L. produzidos em sistema orgânico. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, v. 15, n. 15, p. 835-843, 2018.

MAZORRA, M. F.; QUINTANA, A. P.; MIRANDA, D.; FISCHER, G.; CHAVES, B. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva

(*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). **Agronomía Colombiana**, v. 21, n. 3, p. 175-189. 2003.

PAREJA, J. L. Z.; CARDONA, A. S.; LONDOÑON, M.; DIAZ, C. Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia: Boletín Técnico. **Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica)**, Ríonegro, 2002.

PUENTE, L. A.; PINTO-MUÑOZ, C. A.; CASTRO, E. S.; CORTÉS, M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1733-1740, 2011.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena. 2023.

RESTREPO, A. **Nuevas perspectivas de consumo de frutas: Uchuva (*Physalis peruviana* L.) y Fresa (*Fragaria vesca* L.) mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E.** 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2008.

RODRIGUES, F. A.; PENONI, E. S.; SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M. Caracterização do ponto de colheita de *Physalis peruviana* L. na região de Lavras, MG. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 862-867, 2012.

RODRIGUES, F. A.; PENONI, E. S.; SOARES, J. D. R.; SILVA, R. A. L.; PASQUAL, M. Caracterização física, química e físico-química de physalis cultivada em casa de vegetação. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1411-1414, 2014.

RODRIGUES, M. H. B. S. **Caracterização fenológica, produtividade e maturação de frutos e sementes de *Physalis peruviana* L.** Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical). Universidade Federal de Campina Grande, 69p., 2018.

RUFATO, A. R.; RUFATO, L.; LIMA, C. S.; MUNIZ, J. A. Cultura da physalis. **Série Fruticultura – Pequenas Frutas**, Embrapa Uva e Vinho (CNPUV), 2013.

RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; SCHLEMPER, C.; LIMA, C. S. M.; KRETZSCHMAR, A. A. **Aspectos técnicos da cultura da *Physalis***. Lages: CAV/UEDESC; v. 34, p. 23-31, Pelotas: UFPel, 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 586 p., 2018.

SENHOR, R. F.; DE SOUZA, P. A.; DE CARVALHO, J. N.; DA SILVA, F. L.; SILVA, M. C. Fatores de pré e pós-colheita que afetam os frutos e hortaliças em pós-colheita. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 3, 2009.

SEVERO, J.; LIMA, C. S. M.; COELHO, M. T.; RUFATO, A. R.; ROMBALDI, C. V.; SILVA, J. A. Atividade antioxidante e fitoquímicos em frutos de *Physalis peruviana* L.) durante o amadurecimento e o armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 1-4, p. 77-82, 2010.

SILVA, D. F.; VILLA, F.; BARP, F. K.; ROTILI, M. C. C.; STUMM, D. R. Conservação pós-colheita de fisális e desempenho produtivo em condições edafoclimáticas de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 60, p. 826-832, 2013.

SILVA, P. B. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Physalis* sp.** 70p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2013.

SILVA, P. B.; SILVA, S. de M.; DA SILVA, J. A.; MENDONÇA, R. M. N.; PEREIRA, W. E. Changes in quality during maturation of *Physalis* fruit. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 4, p. 1503-1515, 2018.

TRINCHERO, G. D.; SOZZI, G. O.; CERRI, A. M.; VILELLA, F.; FRASCHINA, A. A. Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in goldenberry (*Physalis peruviana* L.), a solanaceous species. **Postharvest Biology and Technology**, v. 16, n. 2, p. 139-145, 1999.

VELASQUEZ, H. J. C.; GIRALDO, O. H. B.; ARANGO, S. A. P. Estudio preliminar de la resistència mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 60, n. 1, p. 3785-3796, 2007.

ZAVALA, D., MAURICIO, Q., PELAYO, A., POSSO, M., ROJAS, J.; WOLACH, V. **Citotoxic effect of *Physalis peruviana* (capuli) in colon cancer and chronic myeloid leukemia**. *Anales de la Facultad de Medicina, Perú*, v. 67, n. 4, p. 283-289, 2006.